И. А. Апокин
Л. Е. Майстров
И. С. Эдлин

Чарльз БЭБИДЖ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Чарльз Бэбидж — английский математик и экономист, известен попыткой создания вычислительной машины с программным управлением, принципы которой на целое столетие опередили науку и технику того времени и только в наше время нашли воплощение в ЭВМ. Математические исследования Ч. Бэбиджа способствовали зарождению английской алгебраической школы. Его экономические работы получили высокую оценку К. Маркса. Таблицами Бэбиджа пользовались страховые общества Европы.

Для широкого круга читателей, интересующихся историей науки.

-
- Игорь Алексеевич Апокин, Леонид Ефимович Майстров, Ида Самуиловна Эдлин
- Введение
- Глава первая
- Глава вторая
- Глава третья
- Глава четвертая Книга Бэбиджа
- Глава пятая
- Глава шестая
- Заключение
- Даты жизни и деятельности Ч. Бэбиджа
- Библиография Труды Ч. Бэбиджа
- Литература о Бэбидже
- Именной указатель1

Игорь Алексеевич Апокин, Леонид Ефимович Майстров, Ида Самуиловна Эдлин
Чарльз Бэбидж 1791—1871

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА» И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

Апокин И. А., Майстров Л. Е., Эдлин И. С. Чарльз Бэбидж.
М.: Наука, 1981. - 127 с.

Ответственный редактор
доктор экономических наук В. С. РОЖНОВ
© Издательство «Наука», 1981 г.

Введение

Существенный вклад в развитие вычислительных машин был сделан английским математиком Чарльзом Бэбиджем. В истории вычислительной техники его имя связано в первую очередь с разработкой цифровой вычислительной машины с программным управлением, названной им аналитической. Идея такой машины была высказана Бэбиджем в 30-е годы XIX в.

Изобретением аналитической машины Бэбидж значительно опередил не только технические возможности своего времени, но и почти на столетие саму идею создания подобной машины. В его время лучшей вычислительной машиной был громоздкий арифмометр Томаса, предназначенный для выполнения четырех арифметических действий. Возможности же аналитической машины Бэбиджа в XIX и начале XX в. казались многим несбыточной фантазией.

Машина Бэбиджа состояла из основных блоков, характерных для современных электронных вычислительных машин: арифметического устройства, устройства управления, запоминающего устройства. Емкость запоминающего устройства, например, должна была составлять в аналитической машине 1000 чисел, каждое из которых могло иметь 50 десятичных разрядов; машины с таким объемом памяти начали разрабатывать вновь только в конце 40-х годов XX в.

На аналитической машине Бэбиджа предусматривалась работа с адресами и кодами команд, ввод данных должен был осуществляться с помощью перфокарт, вывод результатов — печататься или пробиваться на перфокартах. Принципы программирования были также впервые сформулированы Бэбиджем. Им была введена так называемая команда условного перехода для изменения программы вычислений при выполнении определенных условий.

Идеи Бэбиджа о логической структуре вычислительных машин и их математическом обеспечении явились одним из крупнейших достижений науки первой половины XIX в. Но в свое время эти идеи были восприняты и поддержаны очень немногими. Кроме того они не могли быть полностью реализованы на базе механических конструкций. В результате, несмотря на более чем тридцатилетний труд, Бэбиджу так и не удалось полностью завершить построение своей машины.

Хотя основной целью жизни Бэбиджа была работа над созданием вычислительных машин, интересы ученого распространялись на многие области: физику, геологию,

археологию, транспорт и другие. Во всех этих областях он достиг существенных результатов. Деятельность «Аналитического общества», организатором которого он был совместно с Д. Пикоком и Д. Гершелем, оказала значительное влияние на дальнейшее развитие математики в Англии и развитие алгебры в целом.

Бэбидж высказал интересные соображения, касающиеся массового производства изделий, распределения работ в рамках мануфактуры, установления новых классов точности и др. В книге «Экономика машин и производства» Бэбидж рассматривал проблемы организации труда на крупных предприятиях, роль машин в разделении труда, и множество других вопросов. Маркс высоко ценил эту книгу Бэбиджа, использовал ее при работе над «Капиталом» и показал, что Бэбидж в своих выводах превосходил многих экономистов того времени.

В настоящей книге рассматривается жизненный и творческий путь ученого. Прослеживается развитие вычислительной техники от работ предшественников Бэбиджа до работ 50-х годов XX в., когда были созданы первые электронные цифровые вычислительные машины. Разработка этих машин подтвердила верность основных положений Бэбиджа.

Авторы выражают благодарность Э. К. Пироговой за помощь, которую она оказала при работе над книгой.

При переводе писем А. Лавлейс авторы использовали работу Р. С. Гутера и Ю. Л. Полунова [97].

Глава первая
Развитие вычислительной техники до Ч. Бэбиджа

С необходимостью считать люди столкнулись в каменном веке. Имеются свидетельства, что в палеолите насечками на костяных и каменных изделиях отмечали некоторый счет. Об относительно широком применении счета в неолите имеются неоспоримые данные.

С развитием общества счет стал еще более необходим, в обиходе появились большие числа, выкладки с которыми все усложнялись. Естественно возникла потребность в приборах, которые облегчили бы счет. Простейший из таких «приборов» был всегда с человеком — это 10 пальцев его рук. Кроме того, считали с помощью зарубок на палках, костях и камнях, узлов на веревках и других примитивных приспособлений. Но уже в древности широкое распространение получили счетные приборы, которые объединяются одним общим названием — абак [1 Абак (греч.) — счетная доска. Филологи-считают, что оно произошло от древнееврейского слова «пыль».]. Под абаком понимается любой счетный прибор, на котором отмечены места расположения отдельных разрядов, а числа представляются количеством различных мелких предметов (камешков, косточек и т. п.).

Классический абак древности состоял из разделенного на колонки (или строки) счетного поля. Таким полем могла служить доска, гладкий камень, а то и просто площадка с песком. В колонки клались камешки: в крайней правой колонке каждый камешек означал единицу, в следующей слева — десяток, затем — сотню и т. д. Счет на абаке производился перекладыванием камешков. Были разработаны правила выполнения на абаке различных математических операций.

Основная особенность таких устройств состоит в том, что если в результате счета в одной колонке накапливается больше 10 единиц, то в высший разряд они передаются не автоматически, а каждый раз это должен делать вычислитель. До наших дней сохранились некоторые разновидности абаков: у нас — счеты, в Китае — суан-пан, в Японии — сарабан и др.

Абак в истории математики сыграл важную роль. В период распространения абака, который встречался почти у всех народов до введения десятичного позиционного принципа записи чисел,

он являлся прибором, во многом определявшим лицо математики. Математическая задача считалась решенной, если решение можно было получить на счетной доске. Многие крупнейшие открытия в математике были совершены благодаря счету на абаке. Так, в Китае при работе на счетной доске впервые возникло представление об отрицательных числах. Возникновение позиционной (шестидесятиричной) системы счисления в Вавилоне также связано с техникой вычислений на абаке. Аналогичных примеров можно привести достаточно много.

Греки, славяне и другие народы использовали для записи чисел буквы алфавита. Однако в алфавитной нумерации арифметические действия не проводились, она употреблялась в основном для записи дат и результатов вычислений. Сами вычисления выполнялись на счетной доске. Арифметика была воплощена в абаке, точнее, счетная доска с ее возможностями и представляла арифметику; так продолжалось до распространения удобных для вычисления цифр и позиционной системы счисления.

В X—-XII вв. в Европе появилось много работ, посвященных вычислению на абаке. Но в связи с распространением десятичной позиционной системы счисления началось постепенное вытеснение вычислений на абаке письменными вычислениями. Этот процесс шел в острой борьбе, как тогда считали, двух наук: математики на абаке и математики без абака, на бумаге (так называемая борьба абакистов с алгоритмиками).

Следы этой борьбы мы можем увидеть и в России. Мы не знаем записей арифметических действий в России не только XII—XIII веков, но и XVI—XVII. Это объясняется тем, что была распространена алфавитная нумерация и все выкладки производились на абаке. Современные числа в России были введены в самом начале XVIII в. в «Арифметике» Л. Магницкого (ранее они встречались в отдельных рукописях XVII в.). С распространением десятичной системы счисления абак постепенно превращается во вспомогательный счетный прибор.

С развитием математики и ростом объема вычислений возникает стремление упростить и облегчить вычислительную работу. Для этой цели создаются не только вычислительные приборы, но и таблицы (на истории последних в данной работе мы останавливаться не будем).

В начале XVII в. шотландский математик Д. Непер (1550—1617), используя один из распространенных в то время способов умножения (умножение решеткой), предложил счетный прибор, представляющий собой по-особому записанную таблицу умножения, который он назвал счетными палочками. Действия

умножения и деления производились при помощи выкладывания палочек по определенным правилам и считывания результата. Палочки Непера не привели, конечно, к механизации умножения и деления, но их применение сокращало время выполнения этих операций, особенно при наличии больших чисел. Однако палочки Непера имели существенные недостатки: накопленные единицы механически не переносятся в высший разряд; вычислителю необходимо все время производить в уме сложение однозначных чисел; прибор не представляет единого целого, а состоит из отдельных, не связанных между собой частей, которые нужно раскладывать в особом порядке перед каждой операцией. Несмотря на эти недостатки, палочки Непера получили широкое распространение. Это подчеркивало насущную потребность того времени в вычислительных приспособлениях. В XVII в. и позже палочки Непера неоднократно совершенствовались.

Создателем первой механической вычислительной машины [1 Эскиз суммирующей вычислительной машины на зубчатых колесах, позволяющей складывать 13-разрядные десятичные числа, найден в 1-м Мадридском кодексе Леонардо да Винчи (1452—1519).] был профессор Тюбингенского университета В. Шикард (1592—1635). Он был в дружеских отношениях с И. Кеплером (1571—1630), который, по-видимому, посоветовал ему заняться созданием вычислительной машины [108]. В процессе работы Шикард регулярно переписывался с Кеплером. В письме к Кеплеру от 20 сентября 1623 г. он сообщил, что построил счетную машину, выполняющую все четыре арифметических действия. В другом письме (от 25 февраля 1624 г.) Шикард пишет, что готовит вторую машину. Но оба образца вскоре погибли при пожаре. Больше машину Шикарда в то время не строили, а ее краткое описание в письме к Кеплеру было обнаружено лишь в 1958 г. По этому описанию были изготовлены модели машины Шикарда и теперь можно представить, как она работала.

Машина Шикарда состояла из трех частей: суммирующего устройства, множительного устройства и механизма для записи промежуточных результатов. Суммирующее устройство (шестиразрядная машина) представляло собой совокупность зубчатых передач. На каждой оси находилось по одной шестерне с десятью зубцами и по вспомогательному однозубому колесу-пальцу. Палец служил для дискретной передачи десятка в следующий разряд после накопления в предыдущем десяти единиц. При этом палец входил в зацепление с зубчатым колесом следующего разряда и поворачивал его на 1/10 оборота, после того как предыдущая шестерня сделает полный оборот.

Сложение в машине выполнялось поворотом на нужную величину наборных колес каждого разряда, вычитание — вращением шестерен в обратную сторону. В окошках машины (окошках считывания) было видно набранное число, а также все последующие результаты. Вычисление суммы и разности состояло только в наборе чисел и считывании результата. Деление заменялось последовательным вычитанием делителя из делимого. Множительное устройство машины состояло из записанных на бумаге таблиц умножения, которые наматывались на шесть параллельных валиков. При умножении необходимо было повернуть соответствующим образом валики и прочесть по определенным правилам результат.

Третье устройство машины состояло из шести осей с нанесенными на них цифрами и панели с шестью окошками. Поворотом осей в окошках можно было поставить число, которое необходимо запомнить, например, какой- нибудь промежуточный результат. Таким образом в машине Шикарда только суммирующая часть была механической, а остальные представляли собой подвижные таблицы.

Шикард был хорошо знаком с огромными трудностями, которые приходилось испытывать при вычислениях астрономам. Свою машину он создал для облегчения практических расчетов.

Большую известность приобрела суммирующая машина Б. Паскаля (1623—1662). Принципиально она не отличалась от суммирующей части машины Шикарда. Первый образец машины, построенный в 1641 г. имел много недостатков, и Паскаль после ее окончания начал строить новую машину, которую закончил через три года. Эта, вторая модель стала базовой: все последующие машины, которые строил Паскаль, очень мало отличались от нее, хотя в каждую из них вносились некоторые изменения. Паскаль построил около 50 машин. Некоторые из них дошли до наших дней.

Машина Паскаля произвела на современников огромное впечатление. О ней слагались легенды и писались стихи. Множество людей приходило ее смотреть в Люксембургский дворец, где она была выставлена. Но несмотря на это, машина Паскаля в работе была неудобна. У нас нет никаких свидетельств, что на ней кто-нибудь считал. Следует отметить, что, создавая свою суммирующую машину, Паскаль преследовал прежде всего не практические цели облегчения счета, а доказательство самой возможности выполнять вычисления при помощи механизма. Французский астроном и математик Ж. Вине (1786—1856) писал по поводу машины Паскаля: «Мысль Паскаля, особенно для того времени, следует признать необычайно смелой, так как он

задался целью заменить посредством чисто механических приспособлений деятельность нашего воображения и памяти. Но практический вопрос все еще оставался открытым. Медленность хода механизма, придуманного Паскалем, очевидна» [98, с. 102].

Интересно отметить выводы Паскаля, который, построив машину, решил, что ум человеческий действует автоматически и что некоторые умственные процессы не отличаются от механических. В этих выводах видно влияние взглядов Р. Декарта (1596—1650).

Машина Паскаля способствовала возникновению многих изобретений в области счетной техники. Еще в XVII в. в результате знакомства с машиной Паскаля появился ряд суммирующих машин: С. Морланда (1662), К. Перро (1675), Г. Грийе (1678) и др. Р. Перейра (1715—1780), который известен своей системой обучения глухонемых, сконструировал две счетные машины, в основание которых были положены те же принципы, что и в машине Паскаля. Первую счетную машину, на которой с помощью механизма можно было не только складывать и вычитать, но умножать и делить, сконструировал и построил Г. Лейбниц (1646—1716). Первый экземпляр машины был изготовлен им в начале 70-х годов XVII в.

Не останавливаясь на конструкции машины Лейбница, отметим две принципиальные идеи, положенные в ее основу. Совершенно новым в конструкции машины являются ступенчатые валики, представляющие собой цилиндры с зубцами разной длины по образующей валика. Эти зубцы формируют ступеньки на поверхности валика. Ступенчатые валики Лейбница позволили впервые получить зубчатую передачу с переменным числом зубцов. Именно такой передачей обеспечивается выполнение умножения и деления. Ступенчатый валик употребляется во многих счетных машинах до сегодняшнего дня. Вторым нововведением Лейбница при создании счетной машины было разделение ее на две части — подвижную и неподвижную. Такое разделение обеспечило возможность умножения и деления многозначных чисел на многозначные. Эта идея в дальнейшем используется почти во всех конструкциях доэлектронных счетных машин. Подвижная часть машины Лейбница представляет прообраз современной подвижной каретки.

Машина Лейбница не получила распространения; одной из причин этого была ее громоздкость (длина машины составляла почти метр), кроме того, она была очень дорога в изготовлении. Но идеи Лейбница, реализованные в его машине, оказали влияние на работы многих исследователей и конструкторов. В Германии над усовершенствованием машины Лейбница еще при

его жизни работали Р. Вагнер и А. Буркхардт. Ряд изменений в машину внесли также кенигсбергский профессор М. Кнутцен, а в 1783 г.— военный инженер И. Мюллер и др.

В конце XVIII в. наибольшего успеха добился вюртембергский пастор М. Ган, в 70-х годах XVIII в. конструировавший довольно удачную счетную машину. В отличие от машин Паскаля, Лейбница и др., имевших вид продолговатых ящиков, машина Гана представляла собой цилиндр. Это достигалось за счет вертикально расположенных по окружности ступенчатых валиков. На верхнем основании цилиндра находилась ручка, вращением которой приводился в движение механизм машины. Машина Гана выполняла четыре арифметических действия, при этом количество знаков результирующего числа не должно было превышать четырнадцати. Ган изготовил несколько экземпляров своей машины, которую можно считать одной из первых удачных машин, предназначенных для практических целей.

Среди машин XVIII в. следует также отметить машину Б. Якобсона из Несвижа (в то время резиденции польского магната М. Радзивилла) [99]».

К началу XIX в. все острее ощущается необходимость в счетной машине, простой и удобной в употреблении, надежной в работе. Все машины до этого времени изготовлялись в одном, в лучшем случае, в нескольких экземплярах. На них или совсем не работали, или работал только сам изобретатель. Эти машины были несовершенны и сложны, дороги в изготовлении.

Впервые пригодную для вычислений машину, на которой можно было выполнять четыре арифметических действия, создал уроженец Эльзаса Карл Томас де Кольмар, основатель и руководитель двух парижских страховых обществ («Феникс» и «Солейль»). Он же наладил впервые массовое производство своих машин. В 1818 г. Томас сконструировал, а в 1820 г. построил счетную машину, которую назвал арифмометром. В 1821 г. Томас представил свою машину на рассмотрение Парижской академии.

Мастерские Томаса начали в 1821 г. с выпуска 15 арифмометров в год, затем довели выпуск до 100 в год. 40% этих арифмометров оставалось во Франции, остальные вывозились в другие страны. Томас положил начало счетному машиностроению. Арифмометры Томаса выпускали (часто под другими названиями) в течение всего XIX в. и естественно, что в них вносили те или иные изменения. Но уже первые арифмометры были достаточно удобны в обращении и работали с довольно большой скоростью. Например, два восьмизначных числа можно было перемножить примерно за 15 секунд, а разделить шестнадцатизначное число на восьмизначное — за 25

секунд. Арифмометры Томаса оказали существенное влияние на развитие счетного машиностроения всего XIX в.

В основу арифмометра Томаса был положен ступенчатый валик Лейбница. Диаметр ступенчатых валиков не мог быть сделан меньше определенного размера, из-за чего машины Томаса были довольно длинными (более 50 см). Имелись и другие недостатки: неудобное для пользования перемещение каретки, необходимость передвигать специальный рычаг при переходе от одного действия к другому и т. п. Но в середине XIX в. эта вычислительная машина была несомненно лучшей. Кроме удачного использования ступенчатых валиков в арифмометре была хорошо продумана передача десятков, были применены противоинерционные приспособления и т. п.

Многие конструкторы XIX в. занимались усовершенствованием арифмометра Томаса, не меняя впрочем ни одного существенного узла машины. Но даже машина Томаса не могла удовлетворить потребности в вычислительных устройствах. Для широкой вычислительной практики по-прежнему нужна была достаточно простая, дешевая и удобная в работе машина. Развитие экономики и военного дела, расширение финансовых операций, развитие промышленности и транспорта приводило к значительному увеличению вычислений и необходимости их рационализации. Возросший объем научных исследований также требовал усовершенствования способов вычислений. Все это способствовало появлению в XIX в. значительного числа самых разнообразных изобретений для вычислений.

Более чем двухвековой опыт работы на счетах в России привел к тому, что в XIX в. конструкцию счетов стали изменять применительно к возросшим требованиям вычислительной практики. Наиболее широкое распространение получили счеты, которые предложил в 1828 г. Ф. М. Свободский (1780-е годы—1829). Были предложены интересные приборы Слонимским, Ротом, Куммером и многими другими. Все они преследовали цель упростить четыре (а часто и два) действия арифметики и имели некоторое значение как простые вычислительные приборы.

Таким образом к середине XIX в. имелся только один достаточно удовлетворительный для практики арифмометр — арифмометр Томаса. Все остальные вычислительные машины были приспособлены либо только для сложения и вычитания (счеты, суан-пан, счислитель Куммера), либо значительно уступали арифмометру Томаса. При создании счетных машин в XIX веке решались некоторые довольно важные вопросы (например, как лучше осуществить передачу десятков), но в теоретическом отношении вычислительные машины середины

XIX в. моделировали правила действий с целыми числами и их основные свойства; никаких других проблем они не решали. Только Бэбидж в том же XIX в. смог совершенно по-новому подойти к проектированию вычислительных машин, разработать основные принципы их функционирования, в особенности, в главном своем творении — аналитической машине, и положить начало решению основных проблем современной вычислительной техники, что позволило сто лет спустя назвать его «отцом вычислительных машин [84].

Глава вторая
Юношеские годы Бэбиджа

Чарльз Бэбидж [1 В литературе встречаются различные написания этой фамилии: Беббедж, Бэббидж, Бебидж, Бабаш и др. Мы придерживаемся транскрипции Бэбидж, соответствующей написанию Babbage, приведенному в Webster Autobiographical Dictionary, London, 1956.] родился 26 декабря 1791 г. на юго-западе Англии в маленьком городке Тотнес, в графстве Девоншир [2 В ряде изданий приводится другой год рождения Бэбиджа — 1792 (например, [86]).]. Отец его Бенджамин Бэбидж, банкир фирмы «Прэд, Макворт и Бэбидж» впоследствии оставил сыну довольно большое состояние. Чарльз был слабым ребенком и родители не спешили отдавать его в школу. До 11 лет его учила мать (урожденная Елизавета Тип), о которой Чарльз всегда говорил с большим уважением. Будучи уже известным ученым, он часто советовался с ней по различным вопросам.

С 11 лет Бэбидж обучался в частных школах, вначале в Альфингтоне — небольшом городке в Девоншире, а затем недалеко от Лондона в городе Энфилде. В школе Чарльз увлекся математикой, занимался ею много и с особым удовольствием, в результате чего получил основательную математическую подготовку. В это время он детально изучил книгу Уорда «Руководство для юных математиков», а также ряд более фундаментальных работ по математике: «Принципы аналитических вычислений» Вадхауза, «Флюксии» Дитона и даже «Теорию функций» Лагранжа.

Интерес Бэбиджа к математике характеризует такой эпизод его учебы в школе: Чарльз будил своих товарищей по ночам и вместе с ними разбирал страницы учебника алгебры. Он считал эту книгу самой интересной. Ночные занятия математикой продолжались несколько месяцев, пока воспитатели не заметили их и не запретили.

Бэбидж с детского возраста проявлял интерес к различным механическим автоматам, которые были широко распространены в XVIII и в начале XIX вв. При получении каждой новой игрушки он неизменно спрашивал: «А что находится внутри ее?» Если ответ не удовлетворял ребенка, игрушка разламывалась на составные части. Чарльз и сам очень рано начал пытаться строить механические игрушки, что, кстати сказать, ему не всегда хорошо удавалось.

С возрастом он начинает конструировать уже не игрушки, а

различные механизмы, которые пытается практически использовать. Так, в шестнадцать лет Чарльз построил механизм, при помощи которого предполагал ходить по воде. «Водоход» состоял из досок, скрепленных петлями. При подъеме ноги доски должны были подобно гусиным лапам складываться, а касаясь воды, распрямляться. Бэбидж считал, что при этом будет возникать отталкивающая сила, достаточная для того, чтобы человек мог идти по воде. Но испытания показали несостоятельность конструкции.

В 1810 г. девятнадцатилетний Бэбидж поступил в Тринити-колледж Кембриджского университета. В колледже, к своему удивлению, Ч. Бэбидж обнаружил, что он знает математику лучше своих сверстников. Иногда своими вопросами он ставил в тупик преподавателей.

Чарльз был общительным человеком и имел большой круг знакомых, среди которых были молодые люди с довольно разносторонними интересами: любители и математики, и шахмат, и верховой езды и т. п. Наиболее близкими его друзьями стали Джон Гершель (1792—1871), сын знаменитого астронома В. Гершеля, и Джордж Пикок (1791—1858). Друзья заключили соглашение «приложить все усилия, чтобы оставить мир мудрее, чем они нашли его».

В это время математика в Великобритании находилась в довольно критическом состоянии. Это был период интеллектуальной изоляции Англии в математике, который начал проявляться еще с середины XVIII в. Одной из причин такого состояния было преклонение перед научными заслугами И. Ньютона (1643—1727), что порождало шовинистические настроения среди ученых и пренебрежительное отношение к математическим достижениям континентальной Европы. В результате математику в Англии изучали плохо и она не пользовалась уважением. Студенты предпочитали заниматься юриспруденцией, медициной, богословием, но не математикой. Серьезные работы по математике появлялись редко.

В 1812 г. три друга (Бэбидж, Гершель и Пикок) совместно с другими молодыми кембриджскими математиками основали «Аналитическое общество», организаций которого явилась поворотным пунктом для всей британской математики. Вначале общество ставило перед собой скромные цели. Прежде всего необходимо было ввести и распространить в Англии обозначения (символику) в математическом анализе, предложенные Г. Лейбницем. Ньютон, разрабатывавший начала дифференциального и интегрального исчислений независимо от Лейбница, пользовался менее совершенными обозначениями.

Символику Ньютона в то время употребляли только в Англии. Введение обозначений Лейбница значительно облегчало знакомство с литературой по математике, издаваемой на европейском континенте.

Бэбидж писал, что Общество должно было способствовать распространению принципов чистого «d-изма» [1 Бэбидж имеет здесь в виду трактовку производной как отношения дифференциалов ($y' = dy/dx$), которая была принята в европейских странах.]. 185, с. 25]. Но в скором времени «Аналитическое общество» значительно переросло эти задачи. Оно стало пропагандистом новых идей в математике и дало толчок ее развитию в Англии.

«Аналитическое общество» стало проводить регулярные заседания, на которых его члены выступали с научными докладами, обсуждали появляющиеся в печати работы. «Аналитическое общество» развило довольно большую издательскую деятельность, в частности, стало публиковать свои труды. Бэбидж, Гершель и Пикок в 1816 г. перевели с французского языка «Трактат по дифференциальному и интегральному исчислению» профессора Политехнической школы в Париже С. Ф. Лакруа (1765— 1843), дополнив его в 1820 г. двумя томами примеров [16]. Все три друга в это время много занимались математикой.

Вначале движение, начатое «Аналитическим обществом», мало затрагивало алгебру, но постепенно многие идеи (особенно Пикока), имевшие популярность в -Обществе, оказались решающими для пересмотра предмета алгебры. В «Аналитическом обществе» обострился интерес к символике, формализации различных теорий в математике. В Великобритании всегда в большом почете были «Начала» Евклида с их аксиоматическим построением, поэтому английские математики доброжелательно отнеслись к попыткам аксиоматического изложения алгебры.

В начале XIX в. возникла необходимость обосновать действия с комплексными числами. Проблема привлекла внимание многих математиков, в том числе и членов «Аналитического общества». К этому времени английские математики еще не достигли уровня математиков континента в новых разделах математического анализа. Это также послужило одной из причин увлечения английских математиков логическими проблемами алгебры. Английская алгебраическая школа, основы которой были заложены в «Аналитическом обществе», внесла существенный вклад в формирование и развитие новой алгебры. Фундаментальный «Трактат по алгебре» (1830) Пикока был

первой серьезной попыткой развития аксиоматических принципов в алгебре.

Пикок разделил алгебру на «арифметическую» и «символическую». Он считал, что арифметику можно считать отправной точкой для обобщений в символической алгебре. Символическую алгебру Пикок определял так: «Алгебра может быть определена как наука об общих суждениях, производимых символическим языком». Символы алгебры могут представлять количества любого вида, а операции, над ними выполняемые, «вводятся соответствующими определениями и допущениями, которые и будут составлять первые принципы науки».

В другом фундаментальном труде «Символическая алгебра» (1837) Пикок обсуждает предмет алгебры и содержание алгебраической операции, рассматривает принципы теоретического построения алгебры как дедуктивной науки. Он пишет о том, что основные принципы алгебры должны быть такими, чтобы логические следствия, вытекающие из них, не содержали противоречий. Это требование, считает Пикок, будет выполнено, если алгебра будет проверять свои основные положения «на принципах какой-нибудь более простой и известной науки, например, арифметики». Пикок неоднократно подчеркивал существенную роль интерпретации при формальном построении алгебры. Он писал, что тем символам, к которым примешиваются алгебраические операции, можно давать не только арифметические значения, но и другие — физические, геометрические и т. д.

В 60-х годах XX в. Дж. М. Дабей обнаружил в Британском музее неопубликованную работу Бэбиджа «Философия анализа», написанную в 1821 г. Эта работа содержит многие мысли, очень близкие к идеям Пикока, которые тот изложил в 1830 г. в своей книге. Нет сомнения, что Пикок был знаком и с рукописью и со взглядами Бэбиджа. По-видимому, роль Бэбиджа в формировании новой алгебры значительнее, чем это принято считать [104].

В 1815—1817 гг. Бэбидж опубликовал в «Философских трудах» три работы по математическому анализу [3, 4, 6]. Гершель опубликовал в записках Королевского общества статью о новых применениях математического анализа. Он писал в Энциклопедии также статьи о свете, метеорологии и истории математики.

Важное значение в развитии алгебры имели также работы Д. Ф. Грегори (1813—1844), В. Р. Гамильтона (1805—1865) и других английских математиков, которые исходили из идей, высказанных на заседаниях в «Аналитическом обществе».

Итак, основным объектом изучения в алгебре становятся

алгебраические операции, вводимые аксиоматически, эти операции распространяются на множества объектов различной природы. Такой подход развился из идей, зародившихся в «Аналитическом обществе», в разработке которых существенную роль сыграл Ч. Бэбидж.

Бэбидж был способным студентом и хорошо учился, однако он считал, что его друзья Гершель и Пикок достигли в математике больших успехов, чем он. Не желая по окончании быть третьим среди лучших студентов в Тринити-колледже, он в 1813 г. переходит в колледж Св. Петра. Действительно он там стал первым студентом и, окончив колледж, получил в 1814 г. степень бакалавра.

В 1815 г. в возрасте 24 лет Бэбидж женится на 23- летней Джорджии Витмур [1 В честь Джона Гершеля Бэбидж назвал своего первенца, родившегося в конце 1815 г., Бенджаменом Гершелем. У Чарльза и Джорджии Бэбидж за 13 лет их брака родилось восемь детей, пятеро из которых умерли в детстве.] и переезжает в Лондон.

Свою первую научную работу «О бесконечных произведениях» Бэбидж опубликовал еще студентом в 1813 г. в «Записках Аналитического общества». Вскоре после окончания университета он публикует в Докладах лондонского Королевского общества фундаментальную работу в двух частях «Очерк функционального исчисления». Так как в то время Бэбидж не был членом Королевского общества, его работу представил секретарь общества известный физик У. Х. Волластон. Кроме того, ее с успехом зачитывали на заседаниях общества 15 июня 1815 г. (первую часть) и 14 марта 1816 г. (вторую часть). После публикации этих работ Бэбиджа избирают в том же 1816 г. членом Королевского общества.

В первые годы после избрания Бэбидж принимал активное участие в жизни Общества. Так, 17 апреля 1817 г. он зачитал на заседании Общества свою работу «Замечания об аналогиях, содержащихся между функциональным исчислением и другими ветвями анализа», которая была опубликована в том же году. В этой работе очень интересны общие замечания Бэбиджа относительно роли аналогий в математике: «Использование такого инструмента, быть может, покажется неожиданным для тех, кто привык рассматривать эту науку как основанную больше всего на строгих доказательствах и может вообразить, что неясности и ошибки, которые аналогия, если ее неумело использовать, иногда вводит в иную науку, могут быть перенесены в эту.

Тем не менее, как указатель пути к открытию, аналогия

может быть использована и замечательно приспособлена для этой цели» [6, с. 197].

В 1816 г. стала вакантной должность профессора в одном из колледжей Лондона. Бэбидж, снабженный хорошими рекомендациями, предполагал занять эту должность в том же году. Однако он не был избран и добился назначения только в следующем году. В 1817 г. Бэбидж становится магистром наук.

В 1819 г. Бэбидж хотел занять освободившееся место профессора на кафедре математики Эдинбургского университета. И здесь Бэбидж не был принят сразу: причиной отказа стало его нешотландское происхождение. Его утвердили в должности профессора только через два года после многочисленных просьб и рекомендаций влиятельных лиц.

В эти годы Бэбидж активно участвует в самых различных работах и начинаниях. Так, в 1818 г. в Плимуте он принимал участие в погружении под воду в «воздушном колоколе» и подробно описывает свои ощущения. Впоследствии эти опыты оказались ему полезными при написании статьи «Подводный колокол» (1826 г.). В ней Бэбидж предлагает свой проект подводного судна на два человека.

Этот пример (как и многие другие) показывает, что работы Бэбиджа, как правило, имели под собой серьезную научную базу и он занимался ими длительное время.

Бэбидж, Гершель и Пикок продолжали оставаться друзьями и после окончания колледжа, хотя их пути в жизни довольно сильно разошлись. Пикок после столь известных работ по математике получил в 1839 г. степень доктора богословия и стал настоятелем собора. Д. Тершель наряду с математикой и физикой занимался и астрономией, которая со временем вытеснила все другие его интересы. Уже в 1816 г. он приступил к наблюдению и исследованию звезд. Со временем его работы по двойным звездам получили известность. Наиболее обширные исследования двойных звезд принадлежат выдающемуся русскому астроному В. Я. Струве (1793—1864). Отдавая должное заслугам Д. Гершеля, Струве предложил избрать его почетным членом Петербургской академии наук, с которой Гершель поддерживал тесные связи. Предложение было принято.

Отец Д. Гершеля был первым астрономом, который увидел в изучении туманностей главный путь к познанию строения и даже развития Вселенной. Джон Гершель, развивая далее идеи отца и расширив наблюдения за счет объектов южного полушария, пришел к более четкому взгляду о положении Млечного Пути в системе других туманностей.

В молодые годы, как мы уже отмечали выше, Д. Гершель

много занимался математикой и физикой. В 1824 г. Д. Ф. Араго (1786—1853) открыл так называемый «магнетизм вращения» — действие вращающейся металлической пластинки на магнитную стрелку, расположенную вблизи этой пластинки. В 1825 г. Д. Гершель, совместно с Бэбиджем, повторил и расширил эти опыты. Свои результаты они опубликовали в специальной статье [26].

Научные интересы

Бэбидж, будучи очень энергичной натурой, интересовался широким кругом научных вопросов и проявил себя в различных областях деятельности. Еще совсем в молодые годы он начал писать грамматику и словарь мирового универсального языка. Но эта работа осталась незавершенной как и целая серия словарей для самых различных целей. Бэбидж написал никогда не публиковавшуюся статью «Об искусстве открывания всех замков», а затем сделал рисунок, отрицающий это открытие. Во время поездок и путешествий он никогда не упускал возможности измерить пульс и частоту дыхания животных. В результате этих наблюдений он подготовил «Таблицу констант класса млекопитающих». Он даже предложил свой способ приучать лошадей к седлу, хотя он был ничем не лучше обычного. Но основные его устремления были направлены на создание вычислительных машин.

Еще в студенческие годы Бэбидж начал задумываться о том, как избежать ошибок при составлении различных таблиц. Впервые в Англии навигационные таблицы были опубликованы в 1766 г. Трудоемкие расчеты этих таблиц велись в течение многих лет. Несмотря на все старания составителей, они содержали ошибки. Ошибки в навигационных таблицах в первую очередь приводили к неточной ориентации кораблей в море. Работая с навигационными таблицами, Бэбидж с Гершелем обнаружили ряд ошибок. Исследуя причины возникновения этих ошибок* Бэбидж пришел к мысли о возможности расчета различных таблиц на машине. Бэбидж приводит две версии обстоятельств, побудивших его начать работу над созданием вычислительной машины. Одну он изложил в 1822 г., другую — 40 лет спустя.

12 января 1820 г. в Лондоне было создано Астрономическое общество, в организации которого большое участие принимал Бэбидж. Во главе общества стал доктор У. Пирсон, его активным помощником был Бэбидж, сыгравший значительную роль в этом обществе. Он последовательно был одним из секретарей

общества, вице-президентом, секретарем по иностранным делам и членом Совета.

Согласно первой версии, изложенной Бэбиджем, однажды Гершель принес ему расчеты, выполненные вычислителями Астрономического общества. Однако у Бэбиджа и Гершеля возникли сомнения относительно качества работы вычислителей. Они принялись за утомительную проверку и обнаружили большое число ошибок. Бэбидж сказал: «Я хотел бы, чтобы эти расчеты выполнялись с помощью источника энергии», на что Гершель ответил: «Это вполне возможно». По словам Бэбиджа, этот разговор породил идею, воплощением которой он занимался всю жизнь.

По второй версии, изложенной Бэбиджем, дело обстояло несколько иначе. Однажды вечером Бэбидж сидел в комнате Аналитического общества и размышлял о сложности расчета логарифмических таблиц. В это время в комнату вошел один из его друзей и спросил: «Ну, Чарльз, о чем ты мечтаешь?» Указывая на таблицу логарифмов, Бэбидж ответил: «Я думаю, что все эти таблицы можно рассчитать на машине». Бэбидж пишет, что «это событие, должно быть, произошло в 1812 или 1813 году» [85, с. 33—34].

Конечно, обе версии несут в себе оттенок легенды. Фактом остается то, что еще в студенческие годы Бэбидж заинтересовался возможностями производства различных математических расчетов при помощи вычислительных машин. Со временем эти мысли полностью овладели Бэбиджем. Он не переставал заниматься проблемами, связанными с вычислительными машинами в течение всей своей долгой жизни. Более того, он посвятил им свою жизнь.

Став членом Королевского общества и ознакомившись с его работой, Бэбидж выступил с резкой критикой царивших там порядков. Он представил на рассмотрение общества план обширных реформ, которые должны были оздоровить общество, создать лучшие условия для научной работы его членов. В своем проекте Бэбидж требовал установления демократической процедуры выборов в члены общества, при этом он считал необходимым публикацию научных статей в качестве испытания для вступающих в члены. Он требовал свободы дискуссий по политическим вопросам на заседаниях общества. В своем проекте он выдвинул и много других требований, которые были направлены в сторону демократизации общества.

Королевское общество отвергло проект Бэбиджа без обсуждения. Рассерженный этим отказом Бэбидж продолжал осуждать порядки в Королевском обществе. Он объявил

секретарей общества третьесортными людьми, президента — выбранным на основании титула, а не научных заслуг и интересов. Он считал, что в обществе против неугодных плетутся интриги. Бэбидж порицал Королевское общество и работу Гринвичской обсерватории. Некоторые из обвинений, предъявляемые Бэбиджем Королевскому обществу и правительству за пренебрежение к науке были излишне суровы, однако его позиция в целом была обоснованной и получила поддержку со стороны многих членов общества.

Бэбидж саркастически замечал, что Астрономическое общество, конечно, само может решать, что делать со своими публикациями, но очевидно, невозможно найти более расточительного пути компенсации труда государственных служащих, чем создать обсерваторию и расчетный центр для составления и печатания астрономических таблиц единственно с целью получения макулатуры.

Бэбидж — профессор Люкасовской кафедры Кембриджского университета (1829)

Вступив в конфликт с руководством Королевского общества, Бэбидж неоднократно испытывал на себе его недоброжелательное отношение. Так, в 1826 г. одна из должностей секретаря Королевского общества оказалась вакантной. Волластон и ряд других руководителей общества и Совета предлагали, чтобы на

эту должность был назначен Бэбидж. Ему лично это назначение импонировало еще и потому, что должность старшего секретаря в это время занимал его друг Гершель. С этим предложением согласился и президент общества Г. Дэви (1778— 1829), о чем он сказал Гершелю, и Бэбидж уехал из Лондона в полной уверенности, что получил новое назначение. Но вскоре Дэви созвал внеочередной Совет для обсуждения отчета казначея. После того как рассмотрение отчета казначея было закончено, Дэви заявил, что имеется вакансия секретаря, которую необходимо заполнить. Волластон спросил Дэви, есть ли у него кандидатура на эту должность, в полной уверенности, что тот назовет Бэбиджа. Дэви ответил утвердительно и назвал кандидатуру Чилдрена. Бэбидж впоследствии отмечал, что будучи президентом Дэви не должен был так поступать, так как он уже обещал Гершелю назначить Бэбиджа. И хотя на заседании Совета присутствовали многие известные ученые, ни один из них не решился, возразить президенту. Спустя несколько лет, в 1830 г. Бэбидж издал работу «Об упадке науки в Англии» [40], где, в частности, обвинял Дэви в финансовых операциях, в результате которых тот присвоил несколько сот фунтов стерлингов из фондов Королевского общества.

В, 1828 г. Бэбидж был избран профессором математики Люкасовской кафедры Кембриджского университета. Люкасовская кафедра в Тринити-колледже в Кембридже была основана в 1663 г. на средства, пожертвованные Генри Люкасом. Первым профессором этой кафедры был видный математик (известен также как филолог и теолог) И. Барроу (1630—1677), вторым — И. Ньютон.

Спустя много лет Бэбидж отмечал, что избрание на эту кафедру было единственной честью, которой он удостоился в собственной стране. Он считал, что избрание объясняется интересом, который вызвала его работа над вычислительной машиной.

За 11 лет пребывания в должности профессора Бэбидж не прочел' ни одной лекции в университете, стремясь как можно больше внимания уделять разработке вычислительных машин. Но кафедра все же отнимала некоторое время, поэтому в 1839 г. Бэбидж оставляет весьма почетную должность, чтобы полностью посвятить себя работе над вычислительными машинами.

Глава третья
Разностная машина Бэбиджа

Исходные положения для разработки разностной машины

В начале работы над вычислительными машинами большое впечатление на Бэбиджа произвело, как организовал работу при составлении таблиц французский ученый Г. Прони (1755—1839).

Французское правительство в связи с введением метрической системы в измерение длин, весов и т. п. стремилось внедрить принцип десятичности в самые различные области, в частности, была сделана попытка ввести деление окружности не на 360°, а на 400 частей, т. е. каждый квадрант делить не на 90°, а на 100 частей, а каждую сотую цасть квадранта — не на 60, а также на 100 частей. Для такой перестройки требовалось пересчитать громадное число таблиц, в основном, тригонометрических и связанных с ними логарифмических. Кроме того, для перехода на метрическую систему нужно было составить много вспомогательных таблиц.

Правительство Франции поставило перед математиками задачу подготовить необходимые таблицы на высоком научном уровне и в достаточно короткие сроки. Руководить сложными и трудоемкими расчетами было поручено Г. Прони. Он относился к прогрессивно мыслящим ученым, считал необходимым сближение естественных наук с практикой, выступал с критикой «кабинетных ученых». Прони был в числе первых преподавателей Парижской Политехнической школы и вел там занятия с конца' 1794 г. Труды Прони по прикладной механике содействовали улучшению постановки научных исследований в стенах Политехнической школы и высокому уровню работ ее выпускников. Его собственные работы способствовали развитию так называемого «индустриального» направления в механике.

В дальнейшем Прони активно участвовал в работах по введению метрической системы мер. В 1795 г. он был назначен одним из двенадцати комиссаров, на которых возлагалась вся работа по подготовке и введению метрической системы. В число комиссаров входили такие известные ученые, как Лагранж, Лаплас, Монж и др. Кроме того, Прони был членом Бюро долгов. Его подпись стоит под такими документами как «Протокол о сравнении метров» (26 июня 1806 г.), «Протокол о сравнении килограммов» и «Окончательный метр» (8 января 1805 г.) и др.

[100].

Вспоминая начало работы над таблицами, Прони отмечал: «Я отдался этому со всем жаром, на который был способен, и занимался вначале общим планом работ. При любых условиях я хотел обязательно использовать большое число вычислителей, и мне скоро пришло на ум применить при создании этих таблиц разделение труда, которое в промышленности достигло больших высот благодаря сочетанию удачного использования рабочей силы о экономией затрат и времени» (цит. по: [85, с. 316]).

Прони с самого начала понял, что для составления таблиц прежними методами с помощью нескольких сотрудников ему не хватит жизни.

Однажды в одной из книжйых Лавок он увидел прекрасное издание работы Адама Смита (1723—1790) «Исследование о природе и причинах богатства народов». Смит, рассматривая мануфактуру как типичную форму предприятия, приписывал решающую роль в развитии производительных сил мануфактурному разделению труда. Именно это поразило Прони в книге Смита. Тут же в лавке Прони раскрыл книгу и начал ее читать. В первой же главе обсуждался вопрос о разделении труда и в качестве примера приводилось производство булавок. Прони, не отрываясь, прочитал первые параграфы этой работы и задумался над тем, как использовать разделение труда для расчета новых логарифмических таблиц.

В это время Прони читал в Политехнической школе лекции по анализу, в частности разделы, связанные с интерполяцией. Он хотел уяснить для себя, как применить в расчетах разделение труда и как при этом использовать интерполяционные методы. Чтобы побыть наедине и привести в порядок все возникшие соображения, Прони на несколько дней уехал в деревню. В Париж он возвратился с отчетливыми планами и идеями, которые начал немедленно воплощать в жизнь. Все, что он делал, — необычно, и его деятельность произвела глубокое впечатление на научные круги Парижа.

В то время в Париже были две вычислительные мастерские, в которых производили одни и те же расчеты для взаимной проверки. Прони реорганизовал все расчетное дело. Все вычислители из двух мастерских, к которым он прибавил еще ряд нанятых им работников, были разделены на три группы. В первую группу входило пять-шесть крупных математиков, которые исследовали различные аналитические выражения, чтобы подобрать функцию, удобную для числовых расчетов. Естественно, подобранная функция должна была наилучшим образом соответствовать той функции, таблицы которой

составлялись. Эта группа фактически не была связана с непосредственной вычислительной работой, и получением необходимых формул ее работа заканчивалась. После этого данные, полученные первой группой направляли во вторую группу.

В нее входило девять-десять лиц, достаточно хорошо владевших математикой. Их задача состояла в преобразовании формул, полученных от первой группы, к виду, удобному для работы с числами. Кроме того, вторая группа вычисляла значение функций для аргументов, отстоящих друг от друга на пять или десять интервалов. Подсчитанные ими значения входили в окончательную таблицу в качестве основных. Работа второй группы требовала хороших математических знаний.

После этого формулы передавали третьей, наиболее многочисленной группе, состоящей, примерно, из ста человек. Сотрудники третьей группы получали от второй вместе с формулами и исходные числа. Используя только сложение и вычитание в той последовательности, в которой это было указано в формулах, передаваемых из второй группы, третья группа получала окончательные числовые результаты. Таков был путь расчета таблиц.

Члены второй группы имели возможность проверить расчеты третьей группы, применяя непреобразованные формулы, т. е. не повторяя работы третьей группы.

Следует отметить, что 90% сотрудников третьей группы не знали математики далее двух первых действий арифметики, но ошибались значительно реже, чем те, кто лучше знал математику и больше понимал существо задачи. Вычислители третьей группы не знали общей задачи, да это им и не было нужно. Умея довольно хорошо складывать и вычитать, они работали совершенно механически.

В основном все таблицы были созданы за два года. Простой перечень главных таблиц дает представление о проделанной работе:

1. Таблица синусов через каждую 1/10000 квадранта, рассчитанная с точностью до 25 знаков.

2. Таблица логарифмов синусов через каждую 1/10000 квадранта, т.е. таблица логарифмов всех чисел предыдущей таблицы с точностью до 14 знаков.

3. Таблица логарифмов отношений синусов к их дугам для первых 5000 значений углов из 10000, на которые разбит квадрант. Эта таблица рассчитана до 14 знаков.

4. Таблица логарифмов тангенсов для 10000 углов, на которые разбивается первый квадрант. Таблица аналогична

таблице логарифмов синусов и рассчитана с той же степенью точности.

5. Таблица логарифмов отношений тангенсов к их дугам. Таблица аналогична соответствующей таблице логарифмов отношений синусов к их дугам.

6. Таблица логарифмов чисел от 1 до 10000, рассчитанная до 19 знаков.

7. Таблица логарифмов чисел от 10000 до 200000, рассчитанная с точностью до 14 знаков.

Фундаментальная работа, потребовавшая долгого и напряженного труда большого коллектива, — «Кадастр таблиц», как ее назвал Прони, — никогда не была опубликована. Причин было несколько. Одна из них заключалась в том, что деление окружности на 400 частей, а не на 360° имело существенный недостаток, так как 400 имеет меньше делителей чем 360.

Кроме того, с переходом к метрической системе потребовалось бы наряду с перерасчетом громадного числа таблиц (синусов, косинусов и др.) перепечатать тысячи томов математической литературы. В конечном счете дело ограничилось созданием двух экземпляров таблиц, каждый из семнадцати больших рукописных томов. В дальнейшем отдельные таблицы часто использовались в качестве контрольных. Ими пользовался впоследствии и Бэбидж, который для этой цели ездил в Парижскую обсерваторию, где хранились таблицы.

После окончания работ в Париже по составлению таблиц английское правительство обратилось к французскому с предложением напечатать эти таблицы обеими странами с равным распределением затрат. Хотя это предложение и не завершилось изданием таблиц, но в связи с переговорами по этому поводу в Париже была выпущена небольшая брошюра с описанием процесса вычисления таблиц.

После ознакомления с этой брошюрой Бэбидж решил применить метод Прони при создании своей машины. Точнее говоря, машина должна была заменить третью группу вычислителей, на которую в основном падала вся счетная работа.

В основу работы машины Бэбидж решил положить известное свойство многочленов, состоящее в том, что их конечные разности соответствующих порядков (зависящие от степени многочлена) равны нулю. Машину, работающую на этом принципе, он назвал разностной [1 Впервые идея разностной машины была высказана в 1786 г. немецким военным инженером из Гессена И. Мюллером. Но это было чисто теоретическое предложение, которое никто не пытался осуществить.].

Бэбидж отмечал, что на вопрос о принципе работы машины,

он мог бы ответить четырьмя словами: здесь используется метод разностей. При этом он добавлял, что на этот вопрос можно было бы ответить и шестью знаками: $\Delta^n U_x = 0$, но такой ответ был бы непонятен спрашивающему, — саркастически замечал он [$2\ \Delta^n U_x = 0$ означает, что для многочлена n—1 степени $U_x = a + bx + cx^2 + \ldots + kx^{n-1}$ n-е разности равны 0.] [85, с. 51].

Для иллюстрации метода разностей приведем следующий простой пример: табулирование функции $y = x^3 + x + 1$. В таблице 1 наряду со значениями функции y приведены значения конечных разностей: Δ_1 (первые разности, или разности первого порядка), Δ_2 (вторые разности) и Δ_3 (третьи разности). Как видно из таблицы, первые разности получены вычитанием из каждого следующего значения функции ее предшествующего значения. С помощью аналогичной операции над первыми разностями получены вторые разности и т. д. При этом третьи разности данной функции (представляющей собой многочлен третьей степени) имеют одно и то же значение[3 Если функция представляет собой многочлен степени n, то при табулировании с постоянным шагом n-е разности постоянны.]. Далее, легко заметить, что суммируя по диагонали таблицы 1 конечные разности и соответствующее значение функции можно получить следующее значение данной функции. Например, $6 + 24 + 62 + 131 = 223$. Именно это обстоятельство (возможность получения новых значений функции путем суммирования вычисленных ранее данных) Бэбидж решил использовать для механизации процессов составления таблиц с помощью специального устройства (разностной машины).

Таблица 1. Значения функции $y = x^3 + x + 1$ и конечных разностей

X	Y	Конечные разности		
		Δ_1	Δ_2	Δ_3
0	1	2	6	6
1	3	8	12	6
2	11	20	18	6
3	31	38	24	6
4	69	62	30	
5	131	92		
6	223			

Разностная машина и ее возможности

В качестве основного элемента разностной машины Бэбидж выбрал зубчатое счетное колесо, применявшееся в цифровых вычислительных устройствах с XVII в. Каждое колесо предназначено для запоминания одного разряда десятичного числа. Поскольку Бэбидж проектировал машину, оперирующую с 18-разрядными числами, регистр (устройство для хранения одного числа) состоял из 18 счетных колес. Количество регистров на единицу больше степени полинома, представляющего вычисляемую функцию (один регистр предназначен для хранения значения функции, другие — для запоминания конечных разностей). Машина, создаваемая Бэбиджем, предназначалась для расчета полиномов шестой степени и соответственно должна была иметь семь регистров.

Для выполнения операции сложения наряду со счетными колесами регистров в машине должны были использоваться зубчатые колеса трех различных конструкций (по три колеса на каждое колесо регистра) и так называемые установочные пальцы на специальных осях [[1] Подробное описание конструкции деталей разностной машины на русском языке дано в статье [96].]. Конструктивно вычислительный блок разностей машины представляет собой три ряда вертикально расположенных осей с зубчатыми колесами и установочными пальцами. Первый ряд составляют оси со счетными колесами регистров, второй ряд — оси с зубчатыми колесами для суммирования и третий ряд — оси с установочными пальцами для подготовки к работе колес второго ряда. Диаметр счетного колеса регистра 12,7 см. Вычислительный блок машины должен был иметь 3 м в длину и 1,5 м в ширину. Наряду с вычислительным блоком в состав машины должно было входить печатающее устройство.

На рис. 1 дан внешний вид экспериментальной модели разностной машины. Она содержит три регистра (т. е. предназначена для расчета полиномов второй степени) и может оперировать с 5-разрядными десятичными числами (в каждом регистре — пять счетных колес).

При проектировании разностной машины Бэбидж предложил и частично реализовал ряд интересных технических идей. Так, он разделил выполнение операций переноса десятков при сложении на два такта: подготовительный (выполняется во время операции сложения) и собственно перенос. Это новшество, впоследствии

широко применявшееся в механических вычислительных устройствах, позволило существенно снизить нагрузки на рабочие элементы машины. Проектируя связь между вычислительным блоком и печатающим устройством, Бэбидж предусмотрел возможность совмещения во времени процессов вычислений и печатания результатов.

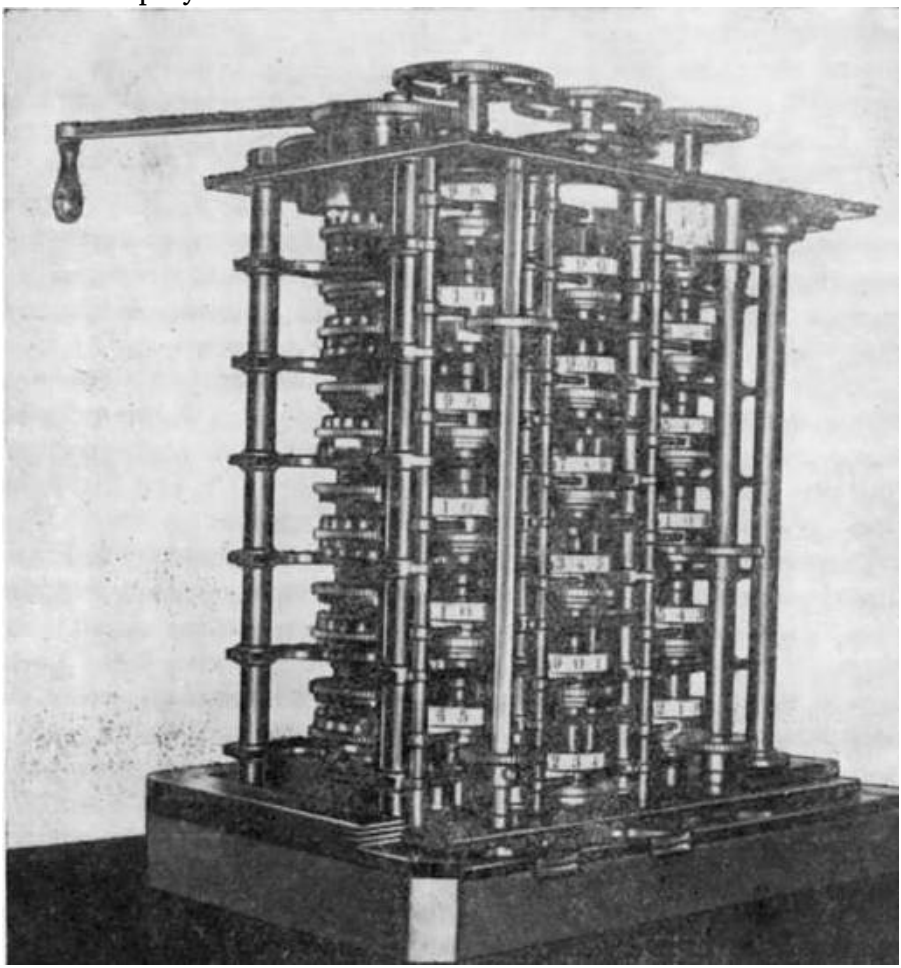


Рис. 1. Разностная машина (1822)

Основное назначение разностной машины Бэбидж видел в составлении таблиц. Машина позволяла также проверять таблицы, составленные ранее. Для этого операции должны были производиться в обратном порядке, т. е. от полинома к конечным разностям. К примеру, если в табл. 2 при $x=4$ ошибочно рассчитан y (получилось 70 вместо 69), то вместо постоянных конечных разностей $\Delta_3=6$ получится массив не равных друг другу разностей, и ошибка может быть легко замечена.

Операция проверки таблиц могла быть выполнена и другим

путем. Бэбидж писал: «Если соответствующие числа размещены на выходе машины, и она завершила расчет одной страницы таблицы любого типа, то следует провести сравнение последнего табличного числа страницы с заранее рассчитанными. Если различие существует, то наиболее эффективное решение заключается в пересчете целой страницы, т. е. потере всего лишь нескольких часов работы» [83, с. 125].

В общем случае область применения разностной машины Бэбиджа сводилась к вычислению значений функций вида

$y = a + bx + cx^2 + ... + mx^{n-1}$.

Если требовалось рассчитать сумму сходящегося бесконечного ряда, то брали только первые п членов. При достаточно большом п функция, выраженная рядом, могла воспроизводиться достаточно точно и степень этой точности была известна.

Таблица 2. Значения функции $y = x^3 + x + 1$ и конечных разностей (при ошибочном подсчете $x_4 = 70$)

X	Y	Конечные разности		
		Δ_1	Δ_2	Δ_3
0	1	2	6	6
1	3	8	12	7
2	И	20	19	3
3	31	39	22	9
4	70	61	31	
5	131	92		
6	223			

Таблица 3. Значения функции (способ задания которой требуется определить) и конечных разностей

X	Y	Δ_1	Δ_2
0	2	0	2
1	2	2	4
2	4	6	б
3	10	6	6
4	16	12	8
5	28	20	8
6	48	28	

Принцип, положенный в основу разностной машины, мог быть использован для расчета, например кубов чисел, логарифмических и тригонометрических таблиц и т. п. При этом во многих случаях приходилось брать большое число разностей, прежде чем достигалось постоянное значение, а это, в свою очередь, означало, что на машине нужно было произвести довольно много действий, чтобы получить табличное значение функции.

Наряду с возможностью табулирования важным свойством машины, как писал Бэбидж, явилась «возможность ее использования, при небольших изменениях в конструкции, для расчета таблиц, чьи аналитические законы неизвестны» [85, с. 299].

Рассмотрим пример: в табл. 3 x представляет номер члена последовательности, а y — его значение. С помощью конечных разностей можно определить формулу задания данной функции целочисленного аргумента, затем ее вычисление продолжить на разностной машине. Бэбидж находит первые и вторые разности функции (см. табл. 3). Затем, анализируя таблицу, он выявляет, что величины вторых разностей, соответствующих последовательным значениям функции, всегда равны единицам этих значений (в таблице 3, во втором и четвертом столбцах, подчеркнуты равные между собой однозначные величины 2, 4, а также единицы двузначных чисел: 0 от 10; 6 от 16; 8 от 28 и т. д., соответственно равные вторым разностям 0, 6, 8 и т. д.).

На разностной машине можно рассчитать таблицу значений этой функции, но чтобы получить, скажем, ее значение при $x = 50$, необходимо рассчитать все предыдущие значения. Бэбидж предлагает другой путь — аналитическое задание функции.

В нескольких работах Бэбидж высказывает мысль о возможности использования разностной машины для расчета функций, не имеющих постоянных разностей. Он пишет, что уже протабулировал некоторые из специальных функций. Среди них, например, функция, в которой третьи разности равны числу единиц первых разностей; может быть также рассчитана таблица, в которой третьи разности постоянны и меньше 1/10000 первых разностей.

Возможности разностной машины были достаточно широки. При использовании некоторых дополнительных несложных узлов машина могла извлекать корни из чисел. Точность результата могла быть тем выше, чем больше было счетных колес в машине, т. е. зависела только от ее конструкции.

Работать над созданием разностной машины Бэбидж начал

вскоре после 1812 г. Разработка и постройка механической вычислительной машины представляла в то время сложную проблему. Многое из того, что было необходимо Бэбиджу, не существовало. Он должен был изобретать не только узлы и механизмы, но и в отдельных случаях — средства для их изготовления. Инженерную помощь получить было трудно и дорого, квалифицированных рабочих также было нелегко найти. Проблемой являлось и достижение требуемой точности обработки металла.

В 1819 г. Бэбидж встречается с секретарем Королевского общества Волластоном и обсуждает с ним вопросы, связанные с разностной машиной. Волластон одобрительно отозвался о работе Бэбиджа.

При всех сложностях Бэбидж сумел к 1822 г. построить небольшую действующую разностную машину (см. рис. 1). На этой машине Бэбидж рассчитал, например, таблицу квадратов.

Свои мысли о разностной машине Бэбидж изложил в записке, зачитанной на заседании Астрономического общества 14 июня 1822 г. и затем опубликованной под названием «Замечания о применении машины для расчета математических таблиц» [19]. Сообщение Бэбиджа было встречено с энтузиазмом, были даны самые высокие оценки проделанной работе и пожелания успехов проекту более мощной разностной машины. Впоследствии Бэбидж сделал описание разностной машины в письме к Д. Брюстеру, которое затем было опубликовано в,виде статьи под названием «О теоретических принципах машин для расчета таблиц» [21].

После окончания первой разностной машины Бэбидж был полон энтузиазма. Он считал, что основные трудности уже преодолены, и поэтому его дальнейшие планы были достаточно оптимистичны.

Судьба разностной машины. Исследования Бэбиджа в различных областях знания

В 1822 г. Бэбидж обратился к президенту Королевского общества Дэви с письмом, в котором предлагал построить разностную машину значительно больших размеров, чем предыдущая, для расчета, в первую очередь, астрономических и навигационных таблиц. В своем письме, в частности, он упомянул о причинах, которые побудили его к работё над созданием вычислительных машин. «Невыносимая монотонная работа и усталость при непрерывном повторении простых арифметических

действий сначала вызвали желание, а затем подсказали идею машины, которая с помощью силы тяжести или любой другой движущей силы должна была заменить человека в выполнении одной из самых медленных операций его ума» [85, с. 298]. Далее он пишет: «Буду ли я заниматься в дальнейшем конструированием разностной машины больших размеров, в значительной степени зависит от характера той поддержки, которую мне удастся получить. . . Я не сомневаюсь в успехе этой работы, однако этот успех не может быть достигнут без очень больших финансовых затрат» [85, с. 305]. Конин этого письма Бэбидж послал многим влиятельным знакомым.

Бэбидж обратился за помощью и в Королевское общество и в Астрономическое. Оба общества с энтузиазмом отозвались о новом проекте Бэбиджа. При содействии Королевского общества, которое официально подтвердило практическую осуществимость схемы машины, в 1823 г. между Бэбиджем и канцлером казначейства было заключено довольно расплывчатое соглашение, по которому правительство предоставляло деньги для работы над машиной и помощь в необходимых материалах, а Бэбидж обязан был через три года окончить разработку машины. В том же 1823 году Бэбидж приступил к работе над новой машиной.

Бэбидж считал, что на ее постройку должно уйти два- три года при затратах 3—5 тысяч фунтов стерлингов, причем в окончательном виде вес машины должен составить примерно две тонны. Для работы над этой машиной была выстроена мастерская, привлечены инженеры и чертежники.

13 июня 1823 г. Бэбидж был награжден первой золотой медалью Астрономического общества. В речи, произнесенной по случаю этого награждения, президент общества Г. Коулбрук высоко оценил значение машины Бэбиджа для астрономических расчетов: «Ни в одной области науки или техники это изобретение не может быть использовано так эффективно, как в астрономии и связанных с ней областях, а также в различных разделах техники, зависящих от них. Нет расчетов более трудоемких, чем те, которые зачастую нужны в астрономии; нет аппаратуры, более необходимой для первоначальной обработки данных; и нет ошибок, более приносящих ущерб. Практически астронома прерывают в его занятиях и отвлекают от наблюдений утомительной расчетной работой, в противном случае его старания в наблюдениях становятся неэффективными из-за необходимости дальнейших расчетов. Пусть помощь, которую приносят предварительно рассчитанные таблицы, будет неограниченно возрастать благодаря изобретению Бэбиджа, тогда

более легкой станет наиболее утомительная часть труда астронома и исследованиям в астрономии будет дан дополнительный толчок» (цит. по: [85, с. 183]). Работа Бэбиджа «по размаху и результатам не похожа на что-либо выполненное ранее для помощи при проведении оперативных расчетов» [там же].

Несмотря на столь хорошее начало и оптимистические надежды, разностная машина не была изготовлена даже через десять лет, хотя на ее постройку было истрачено 17 тыс. фунтов стерлингов правительственных средств и 13 тыс. собственных средств Бэбиджа. В основном это произошло потому, что развитие техники того времени и, в частности, производство точных механизмов, нужных при изготовлении разностной машины, было на недостаточно высоком уровне. Бэбидж вынужден был часто сам конструировать и изготовлять такие механизмы. Кроме того, он все время вносил нескончаемые поправки в конструкцию машины. Следует иметь в виду, что Бэбидж был пионером, прокладывающим неведомые науке пути, и многие, вносимые в ходе работы изменения, были результатом творческих исканий, которые, в конечном итоге, способствовали развитию вычислительной техники.

Хотя Бэбидж никогда надолго не отвлекался от работы над вычислительными машинами, он успевал делать очень много в самых различных областях, одни из которых были близко связаны с его основной работой, другие — далеки от нее. Размышляя над созданием вычислительных машин, Бэбидж много работал и над различными математическими таблицами. Наряду со стремлением сделать их точными, он старался, чтобы они были легкими и удобными в обращении. В 1826 г. Бэбидж опубликовал вычисленные им таблицы логарифмов от 1 до 108000 [34], в которых большое внимание уделил удобству пользования. Эти таблицы были высоко оценены математиками и неоднократно переиздавались как в Англии, так и за рубежом с подробным предисловием Бэбиджа.

В 1831 г., пытаясь определить, какими таблицами легче и удобнее пользоваться, он напечатал один экземпляр своих таблиц логарифмов на 151 листе, на бумаге различного цвета [42]. Было использовано 10 цветов: светло- и темно-синий, светло- и темно-зеленый, оливковый, желтый, светло- и темно-красный, фиолетовый и черный. Помимо обычной краски при печатании пользовались золотой, серебряной и медной. Кроме того, использовалась бумага различной толщины, также калька, восковая бумага, пергамент. Полностью таблицы заняли 21 том. Ё настоящее время они находятся в Кроуфордской библиотеке

Королевской обсерватории в Эдинбурге. Эта работа сохраняет интерес и до нашего времени.

Изучив записи одной из компаний по страхованию жизни, Бэбидж в 1826 г. опубликовал брошюру «Сравнительный обзор различных систем страхования жизни» [31], которая явилась популярным и в то же время высоконаучным изданием. В этой же брошюре Бэбидж приводит рассчитанные им таблицы смертности. Английские компании страхования жизни пользовались этими таблицами в течение полувека, почти до 1870 г. К этому времени были составлены новые таблицы, которые рассчитывались на разностной машине, построенной специально для этой цели. После издания работы Бэбиджа на немецком языке некоторые германские страховые компании также пользовались его таблицами.

Бэбидж начал интересную работу, связанную с анализом соотношения букв, встречающихся в различных языках [41]. Работа не была закончена. Но в наше время и эти идеи Бэбиджа нашли определенное отражение в области структурной лингвистики.

1827 год.был исключительно тяжелым в жизни Бэбиджа. В возрасте 35 лет умирает его жена, Джорджия Бэбидж, в том же году скончался отец, а за ним двое детей. Мучительно переживая эти тяжелые утраты, Бэбидж пытался уйти в работу. Буквально день и ночь он занят проектированием разностной машины и изготовлением ее деталей. Здоровье Бэбиджа ухудшается, и в декабре 1827 г. по настоятельному совету врачей он едет в путешествие по Европе. Ровно год Бэбидж провел в Италии, Франции и Германии.

Путешествуя, Бэбидж посещал заводы, изучал различные технологические процессы обработки металлов. Во время путешествия он поддерживал связь с инженерами, работающими над разностной машиной, а вернувшись домой (в декабре 1828 г.), активно включился в работу.

На разностную машину требуется все больше средств. И о Бэбидже злословят как в научных кругах, так и в-литературных. Его критикуют за то, что до завершения разностной машины он просил финансовой поддержки у правительства для создания новой машины. Впоследствии считали даже, что Бэбидж присвоил себе 17 тысяч фунтов правительственных средств, хотя денежная документация у него была в идеальном порядке, учитывался каждый потраченный пенс.

К концу 1827 г. на машину было уже израсходовано 3475 фунтов стерлингов.

Перед поездкой на континент Бэбидж выделил еще 1000

фунтов из своих личных денег.

В процессе работы над разностной машиной Бэбидж выдвинул ряд проблем перед машиностроением, для их разрешения Бэбиджу иногда удавалось привлечь к работе очень способных инженеров.

Так, один из крупнейших английских инженеров Дж. Витворт (1803—1887) получил большой опыт, работая над разностной машиной Бэбиджа.

Ч. Бэбидж в возрасте 36 лет

Бэбидж уделял большое внимание сокращению времени выполнения операций и для этого неоднократно перерабатывал узлы машины. Обычно при сложении вручную складывают единицы исходных чисел, перенос, если он есть, запоминают и добавляют при сложении десятков чисел; затем запоминают перенос десятков и добавляют при сложении сотен и т. д. При работе на машине можно выполнить поразрядное сложение, запомнить переносы и затем осуществить их сложение с полученным числом; это и будет окончательная сумма.

Такое сложение выполняется в разностной машине с помощью механического способа переноса. Конструктивно это выглядит следующим образом: зубчатое колесо в машине имеет 10 зубцов, на которых нанесены цифры от 0 до 9; между 9 и 0

находится выступающий зуб. Зацепление зубчатых колес обеспечивает передачу цифр с одного колеса на другое. Когда колесо проходит от 9 до 0, выступающий зуб нажимает на определенный рычаг. Поэтому, как только окончится время, требуемое для сложения, любой перенос отмечается измененным положением рычага. На этом этапе заканчивается сложение цифр определенного разряда без учета переноса. Затем рычаг поворачивается и происходит перенос. В конструкции рычага предусмотрена возможность делать перенос таким образом, чтобы перейти к следующему разряду, т. е. от единиц к десяткам и т. д.

В процессе работы по усовершенствованию механизма и сокращению времени переноса Бэбидж сделал ряд изобретений, в результате чего в демонстрировавшейся на выставке 1862 г. части разностной машины время переноса было уменьшено в четыре раза по сравнению с первой моделью.

Из-за нехватки механизмов, квалифицированных сотрудников, денег, бесконечных поправок и изменений в конструкции машины — возникали многочисленные конфликты, работа продвигалась крайне медленно. Это привело к тому, что энтузиазм окружающих, в том числе и ученых, сменился недоверием. Постепенно от работы отвернулись почти все.

К началу 1833 г. небольшая часть машины все же была построена. Испытания показали, что она выполняет действия с запланированной точностью и скоростью.

Проявляя устойчивый интерес к проблемам теории чисел, Бэбидж рассчитал на своей машине таблицу значений функции $x^2 + x + 41$, позволяющей получать простые числа. Вопросами теории чисел он занимался давно. Еще в 1819 г. в Эдинбургском Философском журнале Бэбидж опубликовал небольшую статью «Доказательство теоремы относительно простых чисел» [10]. В этой работе он доказывает, что —

$(1 \times 3 \times 5 \times \ldots (2n + 1))/n! \times 2^{n-1} - 1$

делится на n^2 в том и только том случае, когда n простое число.

Еще Эйлер пытался найти формулу, которая давала бы исключительно простые числа. В результате этих поисков он указал несколько полиномов с целыми коэффициентами, принимающих для сравнительно большого числа начальных значений $x = 0, 1, 2, \ldots$ величины, равные только простым числам. Среди этих полиномов наибольшее внимание привлек в дальнейшем квадратный трехчлен [1 Этим трехчленом математики занимаются вплоть до настоящего времени. Так, например, в 1899 г. Эскот, заменив в x^2+x+41 x на x — 40,

получил выражение $x^2 - 79x + 1601$, которое дает подряд 80 простых чисел при $x = 0, 1, 2, ..., 79$. В 1959 г. Трост при помощи электронной вычислительной машины составил таблицу значений для $x^2 + x + 41$ при x от 0 до 11 000 и установил, что в этой таблице содержится 4506 простых чисел.] $x^2 + x + 41$, который позволяет получить подряд 40 простых чисел при подстановке $x = 0, 1, 2, ..., 39$. Эйлер проверил получение простых чисел с помощью данного полинома при $x = 0, 1, 2, ..., 15$. Бэбидж на своей машине за 2,5 мин. получил 30 простых чисел, подставляя в $x^2 + x + 41$ последовательно x - 1, 2, 3, ..., 30.

Несмотря на то, что определенные успехи в создании разностной машины были очевидны, Бэбидж в 1833 г. фактически почти прекратил дальнейшую работу над ней. Он писал: «В этот период обстоятельства, которыми я не мог управлять, привели меня к решению временно приостановить работу по улучшению конструкции машины» [87].

Обстоятельства же были таковы. В феврале 1830 г. Бэбидж обратился с письмом к канцлеру казначейства Олтропу. Бэбиджа беспокоила ненадежность старого помещения, в котором находятся части машин и все рабочие чертежи. Случайный пожар мог все уничтожить. Комиссия подтвердила опасения Бэбиджа. Олтроп поручил подыскать место для строительства мастерской и нового здания для хранения чертежей, документации и готовых узлов машины. В этом же месяце рядом с домом Бэбиджа началось строительство. Оно было закончено к весне 1833 г. и обошлось правительству в 8000 фунтов стерлингов.

В 1833 г. машину было решено перенести в новую мастерскую и работы продолжать там. Все вопросы перевозки, казалось, были согласованы со всеми заинтересованными лицами. Но между Бэбиджем и его помощником известным инженером Клементом начались недоразумения, причиной которых, как считают, была задержка выплаты жалованья [81]. Кроме того, Клемент требовал заключения нового соглашения для продолжения работ, в частности, довольно крупных сумм для себя. В противном случае он отказывался продолжать сотрудничество с Бэбиджем. В результате этих споров и недоразумений Клемент однажды прекратил работу сам и уволил, как помощник Бэбиджа, подчиненных ему людей.

После нескольких месяцев раздора Бэбидж все же решил перенести в новое здание оборудование и части машин. Однако Клемент (в соответствии с английскими законами) считал себя, а не Бэбиджа, владельцем инструментов и станков. В результате Бэбидж лишился всего, что было с Таким трудом куплено и

изготовлено в мастерской за многие годы. Существует также мнение, что причины недоразумений и ссор были связаны с тем, что Клемент плохо понимал суть работы машины. Возможно, что обе версии дополняют друг друга. Следует также иметь в виду, что Бэбидж не всегда отчетливо представлял сложности инженерной части работы и часто ее недооценивал.

Сам Бэбидж писал в своей автобиографической повести. «Достаточно уже было сказано об этом неудачном изобретении. Первой и основной причиной приостановки работы над ним были необычные и излишние требования людей, которых я нашел с целью создания большой модели машины. Это, вероятно, могло быть преодолено большим напряжением и жертвами. Однако существует предел, который не может превзойти человеческая выносливость» [81, с. 141].

После безуспешных попыток достигнуть соглашения с инженером Бэбидж просит, чтобы его принял премьер- министр, которому он хочет объяснить свои новые идеи и получить официальную поддержку и финансовую помощь правительства. Не добившись аудиенции, Бэбидж в 1834 г. обращается письменно к премьер-министру Ч. Грею (1764—1845) за финансовой помощью. Но прежде чем Грей высказал свое отношение к проекту Бэбиджа, возглавляемое им правительство в том же 1834 г. ушло в отставку.

В течение последующих восьми лет Бэбидж тщетно добивался хоть какого-либо ответа от разных высокопоставленных лиц, в том числе и от канцлера казначейства (министра финансов Великобритании). Члены правительства, от которых зависела дальнейшая судьба разностной машины, не могли по-настоящему ее оценить. Так, в письме к своему другу Роберт Пиль (1788—1850) [1 Р. Пиль — видный политический деятель, в 1834—1835 и в 1841— 1846 гг. премьер-министр Великобритании.] писал: «Мне хотелось бы немного предварительно поговорить, прежде чем я предложу в тихом домике деревенского джентльмена создать деревянного человечка для расчета таблиц по формуле x^2+x+41». Эта ироническая фраза показывает отношение к работе Бэбиджа.

Наконец, 4 ноября 1842 г. Гоулбури, канцлер казначейства кабинета Р. Пиля, ознакомил Бэбиджа с окончательным решением правительства относительно разностной машины. В нем отмечалось, что правительство сожалеет о необходимости отказать в поддержке постройки разностной машины из-за больших и неопределенных затрат; требуемых для ее завершения. Во время обсуждения вопроса в парламенте только один член парламента проголосовал за оказание помощи Бэбиджу. Бэбиджу

так и не удалось завершить большую разностную машину. Небольшая часть машины, готовая к 1833 г., могла рассчитывать полиномы с разностями третьего порядка и имела удовлетворительную скорость. Незаконченная разностная машина вместе со всеми чертежами в 1843 г. была сдана на хранение в музей Королевского колледжа в Лондоне. Из ее частей впоследствии была построена демонстрационная модель, находящаяся сейчас -в Кембридже.

Бэбидж всеми способами старался пропагандировать свою машину, по, несмотря на все усилия, ему не удалось добиться, чтобы машина была представлена на первой международной промышленной выставке в Лондоне в 1849 г. Он винил английское правительство в том, что она не была представлена и на других международных выставках, хотя и добивался этого.

Лишь в 1862 г., когда Бэбиджу шел 71-й год, часть разностной машины, которая хранилась в Королевском колледже, была показана (в первую очередь благодаря стараниям его друга, инженера В. Гревета) на международной выставке в Лондоне в Южном Кенсингтоне. Но машину поместили в маленькой комцате, одновременно осматривать ее могли только несколько человек. Бэбидж вместе со своим младшим сыном подготовил плакаты, поясняющие принцип работы машины, но их негде было повесить, так как на стенах комнаты демонстрировались ковры и клеенки.

Бэбидж часто посещал выставку и разъяснял интересующимся работу машины. Это было совершенно необходимо, так как среди посетителей распространилось мнение, что разностная машина служит для обнаружения различных таинственных закономерностей чисел. Бэбидж решил написать брошюру, в которой предполагал объяснить устройство машины и ее возможности. Но выставка закрылась прежде, чем он окончил брошюру. Впоследствии описание разностной машины вошло в его книгу «Страницы из жизни философа».

После закрытия выставки музей Королевского колледжа отказался принять машину обратно. Разностная машина и сделанные Бэбиджем плакаты были переданы в Научный музей в Южном Кенсингтоне.

Бэбидж писал, сравнивая разностную машину с другими машинами: «Изобретения Паскаля и других, как я считаю, были направлены на совершенно противоположный объект. Машина, которая будет выполнять операции простой арифметики, никогда, по моему мнению, не принесет существенной пользы в противоположность машине, которая рассчитывает таблицы. Помимо расчета таблиц по постоянным разностям механический

принцип машины дает возможность интегрировать бесчисленное множество уравнений в конечных разностях. В ряде случаев, не определяя аналитического закона, я могу дать цифровой результат, который по сути является объектом изучения этого закона» [85, с. 309].

Бэбидж, по существу, отмечает здесь различие между машинами, которые выполняют арифметические действия и являются вспомогательными орудиями при любых вычислениях (такие машины принято называть арифмометрами), и вычислительными машинами, которые работают по заданной программе. Бэбидж считал, что именно такие машины принесут существенную пользу в научных, в том числе и математических, исследованиях. Эти выводы Бэбиджа являются глубоким предвидением основного пути развития вычислительных машин.

У Бэбиджа оказались непосредственные последователи в работе над разностной машиной.-Шведы Георг и Эдвард Шейц (отец и сын) в 1840 г. сконструировали действующую модель разностной машины, а в 1853 г. изготовили и саму машину, которая работала до четвертых разностей с десятичными числами длиной 15 разрядов. Машина Шейцев демонстрировалась в Лондоне в 1854 г. и в Париже в 1855 г., где ей была присуждена золотая медаль. Описание машины было опубликовано 30 июня 1855 г. в «Иллюстрированных лондонских новостях». Бэбидж ходатайствовал перед Королевским обществом о награждении Шейцев почетными медалями. Машина находилась затем в Дадлеевской обсерватории в Олбени (штат Нью-Йорк) и использовалась для расчета астрономических таблиц.

По заказу английского правительства известным инженером Б. Донкиным в 1863 г. с нее была сделана копия, которая использовалась для вычисления таблиц смертности. Таблицы были опубликованы в 1864 г. Некоторые из них были отпечатаны с матриц, изготовленных непосредственно машиной. Таблицы смертности, полученные при помощи разностной машины, широко использовались страховыми компаниями.

Эта копия машины Шейцев находится сейчас в Научном музее в Лондоне. Хотя в ее основу положены идеи, высказанные Бэбиджем, по внешнему виду и конструктивному решению она значительно отличается от машины Бэбиджа [72].

При жизни Бэбиджа была сконструирована еще одна разностная машина. Ее изготовил швед М. Виберг, в 1863 г. машина демонстрировалась в Париже. В машине Виберга использовались основные идеи разностной машины Бэбиджа, однако конструкция ее была более удачной.

Несколько разностных машин было создано после смерти

Бэбиджа. В 1876 г. разностную машину построил Дж. Грант (США), в 1909 г. — известный немецкий конструктор арифмометров К. Гаман, в 1933 г. — английский ученый Л. Комри, которому, как и за столетие до этого Ч. Бэбиджу, была оказана финансовая помощь правительства. Хотя машина Комри была наиболее производительной среди всех разностных машин (табулирование с 13 знаками функций, имеющих постоянные шестные разности), она все же уступала по мощности машине, которую конструировал Бэбидж [96].

Глава четвертая Книга Бэбиджа «Экономика машин и производства»

Во время работы над разностной машиной Бэбидж постоянно был связан с производственными процессами, с изготовлением и конструированием узлов и отдельных частей машин. Столкнувшись с целым рядом производственных трудностей, Бэбидж задумался над их происхождением и устранением. В свою очередь, это вызвало интерес к общим проблемам производства, к экономике и технологии. В результате глубокого изучения вопроса и непосредственного знакомства с промышленными предприятиями Великобритании, деятельностью заграничных фирм и заводов Бэбидж написал книгу «Экономика машин и производства», вышедшую из печати в 1832 г. тиражом в 3 тыс. экземпляров. В книге анализируются техника и экономика, развитие промышленного производства, значение и задачи промышленности и многие другие вопросы. Особое внимание уделено разделению труда как в области физической, так и умственной деятельности человека.

Вначале книга была задумана как курс лекций в Кембридже, но затем Бэбидж опубликовал ее отдельно. Через три месяца книга Бэбиджа была полностью раскуплена. В том же 1832 г. последовало второе издание, затем в 1833 и 1835 гг. — третье и четвертое издания [43]. Во второе издание были включены три новых главы, третье и четвертое содержали небольшие дополнения. Книга была напечатана в США, переведена на немецкий, французский, итальянский и испанский языки. Бэбидж все же считал, что его книгу распространяют совершенно недостаточно, и в этом винил книготорговцев, которые, как он полагал, обиделись на него из-за того, что в своей книге он указал на недостатки торговли печатной продукцией.

Готовя материал для книги Бэбидж, как уже отмечалось, посетил много предприятий в Англии и в других странах. Он сам научился выполнять ряд сложных производственных операций, например делать отверстия в листовом стекле. Демонстрируя свое умение, Бэбидж легко завоевывал доверие у мастеров, которые после этого намного свободнее разговаривали с ним, делились своими заботами и производственными навыками.

Книга Бэбиджа была первой работой, связанной с организацией производства на научной основе; кроме своей несомненной исторической ценности она представляет определенный интерес и в наши дни.

Она содержит детальное описание и классификацию инструментов и механизмов, используемых при различных производственных операциях. Кроме того, Бэбидж подробно обсуждает, как он говорит, «экономические принципы производства». Он детально исследует отдельные операции, например для производства игл, выделяет виды необходимых работ, стоимость каждого процесса, указывает направление, в котором нужно улучшать практику существующего производства. Бэбидж вносят много предложений, касающихся как методов анализа работы предприятий в целом, так и отдельных процессов, определяет размер предприятия и место его размещения при заданной величине выпуска продукции. Он указывает, что для повышения уровня промышленного производства необходимо изучать работы изобретателей в других странах. Бэбидж отмечает, что разделение труда, принесшее столь крупные достижения в производстве, может быть с большим успехом использовано в интеллектуальной области, и в качестве примера приводит деятельность Г. Прони по организации работы при вычислении таблиц. Бэбидж вообще высоко оценивал роль прикладной математики в жизни общества. Он писал о том, что развитие «науки вычислений» должно привести к использованию результатов научных исследований на практике.

Лучшей похвалой своей книге Бэбидж считал замечание английского рабочего, сказавшего: «Эта книга заставила меня думать».

В «Предисловии» и «Введении» Бэбидж останавливается на некоторых общих положениях, а также рассматривает структуру самой книги. Бэбидж считал, что его книга должна показать преимущество широкого использования инструментов и машин, их влияние на производство, дать классификацию принципов действия отдельных машин, показать картину будущего развития промышленности и многое другое.

В первой главе Бэбидж приводит данные о том, сколько человек, не занятых в сельском хозяйстве, приходится на 100 человек, занимающихся сельскохозяйственным трудом: в Бенгалии их 25 человек, Италии — 31, Франции — 50, а в Англии — 200. Кроме того, он отмечает, что с 1801 по 1831 гг. население Манчестера увеличилось на 151 %, Глазго — на 161 %. Население всей Англии за 30 лет возросло примерно лишь на 52%, в то же время население шести крупнейших городов увеличилось на 132%. И на основе всех этих данных Бэбидж делает вывод, что Англия сугубо промышленная страна.

Применение машин и рост крупных предприятий, по мысли Бэбиджа, приводит к трем основным преимуществам: 1)

возрастание физических возможностей человека, 2) экономия времени, 3) преобразование малоценных и простых веществ в ценный продукт.

Далее в этой главе Бэбидж дает свое определение понятий инструмента и машины. Он считает, что инструмент более прост по сравнению с машиной и приводится в движение рукой, машина же — силой животных, пара или другим источником энергии. В виде примера рассматривается использование инструментов при производстве игл. Далее он дает классификацию машин: машины, производящие энергию, передающие ее и выполняющие работу.

Вторая глава посвящена различным видам энергии. В ней Бэбидж рассматривает работу ветряного двигателя, потенциальную энергию пороха, работу паровой машины и др.

Третья глава касается вопросов управления паровыми машинами, в частности, машинами, применявшимися на копях Корнуэлла.

В четвертой главе рассматриваются скорости различных процессов и движений при выполнении всевозможных работ. Бэбидж приводит примеры различных скоростей механизмов, необходимых при подъеме угля из шахты, производстве оконных стекол и т. п. Он отмечает преимущества передачи сообщений по телеграфу. Останавливаясь, в основном, на военном применении телеграфа, Бэбидж, однако, замечает, что вскоре телеграф будет использован и в мирной жизни. В качестве примера он приводит случай передачи из Марселя в Париж сообщения М. Гомбарта об обнаружении кометы. Кроме того, Бэбидж упоминает систему, установленную в Ливерпуле, с помощью которой любой предприниматель может связаться со своим судном задолго до его прибытия в порт.

В главе пятой обсуждаются вопросы, связанные с длительным действием малых сил: например, после завода пружины часов за несколько десятков секунд часы работают 24 часа. Это происходит в пружинных механизмах различных типов. Отмечается важность применения малых сил в химических процессах, физических опытах, а также в технике.

Экономия времени при естественных процессах рассматривается в главе шестой. Здесь затрагивается широкий круг вопросов, в частности, покрытие одних материалов другими с целью защиты от вредных воздействий.

В седьмой главе высказываются соображения о трудности управления большой массой людей, которые должны одновременно объединить свои усилия. В виде иллюстрации Бэбидж приводит транспортировку вручную основания памятника

Петру I в Петербурге, весящего свыше 1400 т, и переноску громадных каменных блоков для постройки египетских пирамид. В этой же главе он рассматривает операции, затруднительные для человека. К ним Бэбидж относит отделение от твердого тела мелких частиц, разделение порошков различной степени чистоты, подготовку тонких нитей хлопка для ткачества (муслина).

В главе восьмой рассмотрены операции регистрации. Бэбидж изучает также возможные применения шагомеров (например для подсчета поворотов колеса переноса в счетной машине), разбирает водомеры, газомеры, прибор для регистрации количества выпавших осадков (прибор Дж. Тейлора). Интересно отметить, что Бэбидж откликнулся на заметку, опубликованную в «Записках» Петербургской Академии наук, о приборе для определения направления удара при землетрясении. Он предлагает внести некоторые дополнения к этому прибору, чтобы можно было измерить вертикальные колебания почвы.

Глава девятая посвящена вопросам экономии материалов, например при распилке стволов деревьев на доски и нанесении краски при печатании.

В десятой главе обсуждается точность и взаимозаменяемость деталей, что рассматривается на примере изготовления коробок. Автор отмечает, что точность относится к одному из наибольших преимуществ машины.

В одиннадцатой главе Бэбидж в основном пишет о получении копий и печатании материалов. Он приводит классификацию получения копий: с поверхности, с помощью отливок, с помощью матриц, тиснением (медали, значки, пуговицы); выдавливанием; вытягиванием (проволока, трубы, вермишель); при изменении размеров (вычерчивание карт), и здесь же рассматривает различные методы выполнения этих работ.

В двенадцатой главе «О методе наблюдения за производством» Бэбидж выдвигает общие требования к производству, предлагает свою схему обследования предприятий, рассматривает ряд других вопросов, которые достаточно близки к современной теории исследования операции.

Бэбидж считает, что при обследовании предприятий важно записать информацию предельно быстро после ее получения. Для этого необходимо иметь анкеты с заранее подготовленными вопросами и свободными местами для записи ответов. Ответы в большинстве случаев должны быть представлены в форме чисел. Анализ различных производств требует для каждого случая своего особого перечня вопросов. Опросные листы, по мнению Бэбиджа, должны быть двух видов: общие (для анализа работы предприятия в целом) и специальные (для анализа

технологических процессов). Доказывая пользу этих опросов и значимость выводов из полученных данных, Бэбидж писал: «Не нужно бояться ошибочных заключений, которые могут быть выведены из существующих фактов; ошибки, которые появляются при отсутствии фактов, гораздо более многочисленны и стойки, чем те, которые возникают от неправильно истолкованных истинных данных» [43, с. 115].

При помощи общих опросных листов необходимо получить информацию о любом производстве по таким пунктам, как например, краткое описание истории изобретения (процесса), в частности, даты изобретения и внедрения его в Англии; сырье, из которого производится данное изделие, место, откуда оно доставляется; цена сырья. Затем Бэбидж считает необходимым получить ответы на следующие вопросы:

Производятся ли различные модификации одного и того же изделия на одном предприятии или в различных? Есть ли разница в обработке? Каковы недостатки товаров? Как испытывается качество производимого товара? Какие заменители находят применение? Какие отходы допускаются? Вес производимого изделия в сравнении с весом сырого материала? Цена изделия?

Кто снабжает инструментом (мастер или рабочие)? Кто ремонтирует инструмент (мастер или рабочие)? Существует ли какая-либо специальная профессия для изготовления инструментов? Изготавливают ли и ремонтируют ли инструменты на предприятии? Какова цена машин? Каков ежегодный износ и продолжительность работы машин?

Для любого производства Бэбидж считает необходимым определить число процессов обработки; количество людей, занятых в каждом процессе; количество произведенной продукции; капитал, вложенный в производство. Далее следует ряд вопросов более общего характера:

Какое количество аналогичного товара производится ежегодно в Великобритании и где размещены предприятия? Должны быть упомянуты долги, акциз [[1] Акциз — один из видов косвенного налога на товары внутреннего производства, по преимуществу на предметы массового потребления. В Англии во времена Бэбиджа акцизом облагалось около двухсот различных ходовых товаров: соль, спички, табачные изделия, чай, кофе и т. п.] правительственная премия для поощрения промышленности и т. п., а также количество импорта или экспорта за ряд лет.

Импортируется ли такой же товар высшего, равного или низшего качества? Экспортирует ли собственно производитель или он продает посреднику, который снабжает представителей

торговли? В какие страны преимущественно посылается товар?

Переходя к специальным опросным листам, которые должны характеризовать технологический процесс, Бэбидж замечает, что каждый такой процесс требует своей схемы исследования. Затем Бэбидж предлагает схему, которая «может удовлетворить многим различным производствам» [43, с. 116].

Прежде всего следует установить, что изготовляется на данном производстве, а затем указать способ производства данного товара (технологический процесс). Если необходимо, нужно привести эскизы машин и инструментов; указать количество людей, необходимое для обслуживания машин. Указать соотношение работающих мужчин, женщин, детей. Какова оплата каждого?

Сколько часов они работают в день? Является ли обычным или необходимым работать ночь и день без перерыва (трехсменная работа)? Производится ли продукт за часть дня или за полный рабочий день? Какая степень мастерства требуется для выполнения работы и сколько лет длится обучение? Сколько раз какая-либо операция повторяется в день или в час (вообще в единицу времени)? Количество брака на тысячу деталей. Кто виновник потерь при поломке или повреждении деталей, рабочие или мастера? Какие санкции к ним применяются? Если тот же самый процесс повторяется несколько раз, нужно установить уменьшение или увеличение нормы и количество потерь при каждом повторении.

Бэбидж писал, что «при ответе на вопросы, которые требуют численных значений, нужно проявлять некоторую осторожность: например, если наблюдатель стоит с часами в руке перед человеком, забивающим гвоздь, рабочий будет до некоторой степени увеличивать свою скорость, и оценка станет завышенной. . . Число операций в единицу времени можно часто подсчитать и при условии, что рабочий не знает о том, что кто-то наблюдает за ним» [43, с. 117]. Бэбидж также отмечал, что звук, создаваемый инструментом, может дать возможность наблюдателю подсчитать количество движений в минуту, даже если он находится снаружи здания, в котором происходит работа.

Часто случается, что в серии ответов на вопросы находятся такие, которые, хотя и даются непосредственно, могут быть также проверены по данным других ответов. Бэбидж считал, что нужно всегда пользоваться этими проверками, чтобы подтвердить точность какого-либо утверждения. В случае, если они не согласуются, необходимо скорректировать явные отклонения.

При получении информации о каком-либо предмете в некоторых случаях необходимо учитывать оценку достоверности

собственного суждения (этот способ оценки достоверности суждений эксперта находит в настоящее время широкое применение). Бэбидж рассматривает различные обстоятельства, которые могут возникнуть при сборе данных.

Бэбидж был одним из первых, кто оценил возможности научных методов в организации и оценке производства. Он считал, что все проблемы производства должны быть исследованы с научных позиций. Бэбидж изложил ряд положений современного исследования операций. Двенадцатой главой заканчивается первая часть книги.

Вторая часть посвящена в основном экономике производства. После главы XIII, в которой рассматривается отличие в организации труда на небольшом производстве и крупном предприятии, ряд глав включает исследование о деньгах как средстве обмена, о качестве продукции, о влиянии продолжительности использования товаров на их цену и т. п.

В главе XVII значительное внимание уделено статистике. Приводится большое количество различных таблиц. Назовем только некоторые из них: таблицы роста населения в промышленных городах; цен различных товаров в Бирмингеме в отдельные годы между 1812 и 1832; цены листового стекла в Париже, Берлине, Лондоне, Петербурге; товаров, которые пали в цене в 1812—1832 гг.. Анализируя эти таблицы, Бэбидж делает выводы о причинах изменения цен на те или иные товары.

В следующей (XVIII) главе рассматривается стоимость сырья и рабочей силы на различных предприятиях Франции, сравнивается стоимость производства игл в Англии и Франции.

Глава XIX посвящена разделению труда. В ней подробно анализируются и оцениваются технические процессы производства игл. Сравнивается производство игл на предприятиях Англии, Франции и США. Далее Бэбидж определяет особенности ручного производства и машинного (в США к тому времени была изобретена машина для производства игл).

Одной из программных глав книги является глава XX, в которой рассматриваются вопросы, связанные с организацией умственного труда. Бэбидж останавливается на организации вычислений, предложенной Г. Прони. На примере получения таблицы квадратов чисел Бэбидж описывает применение метода разностей. В качестве примера разделения труда Бэбидж приводит описание подчиненности работников шахты — от руководителя предприятия до упаковщика.

В главе XXI описывается стоимость отдельных процессов, в главе XXII — причины и следствия появления больших предприятий; в XXIII — положение крупных предприятий и

связанных с ними рынков.

Последующие главы XXIV—XXVII посвящены особенностям развития крупных предприятий, главы XXVIII и XXIX — условиям применения и расширения использования машинной техники. Бэбидж отмечает, что с применением машин увеличивается производство товаров, значительно повышается точность изготовления, а также экономится время.

В главе XXIX Бэбидж рассматривает распространение машин в Англии и приводит статистическую таблицу роста паровых машин с 1813 по 1833 гг. на примере графства Корнуолл.

Главы XXX и XXXI включают анализ взаимоотношений мастеров с рабочими; глава XXXII посвящена влиянию машин на уменьшение числа требуемых рабочих.

Интересна глава XXXIII, в которой автор останавливается на влиянии налоговой политики и различных ограничений на успехи предпринимателей. Здесь же приводятся соображения относительно значения патентования.

В главе XXXIV рассматриваются вопросы экспорта машин. В связи с этим проводится сравнение возможностей предпринимателя в бедной и богатой стране и соответственно их возможностей на рынке сбыта. На основе экономического анализа Бэбидж приходит к выводу о необходимости применения машин на крупных предприятиях. Далее приводятся аргументы в пользу машинного экспорта.

Заключительная глава книги (XXXV) «О перспективах развития производства и его связи с наукой» посвящена широкому кругу вопросов: от проблемы организации науки до вопросов экономического и философского характера. Бэбидж пишет, что ремесла и промышленность страны тесно связаны с прогрессом наук. Развитие промышленности требует, чтобы эта связь была все более тесной. Это объясняется тем, что прикладные науки получают свои данные из опыта, но обоснование их лежит в сфере чистой науки. Далее Бэбидж говорит о том, что разделение труда в научной деятельности принесет не меньше пользы, чем разделение труда на производстве.

Сетуя на то, что теоретические занятия требуют от ученого беспрерывного труда, а часто и больших материальных затрат, Бэбидж считает, что забота о развитии науки должна стать политикой государства, так как сейчас многие ученые «брошены на произвол судьбы». Считая неэффективным деятельность Королевского общества, Бэбидж п в этой книге пишет, что, к сожалению, во главе общества стоят люди, далекие от истинной науки; его беспокоит невозможность поставить настоящего

ученого на пост президента общества.

Затем Бэбидж останавливается на роли научных обществ в развитии науки. В связи с этим он рассматривает деятельность нового научного общества — «Британской ассоциации за прогресс науки», первое заседание которой состоялось в 1831 г., отмечая: «Периодические собрания людей, занимающихся одними и теми же или различными областями знаний, всегда дают импульс, который действует благоприятно для развития новых идей» [43, с. 382—383]. И далее: «Другое преимущество заключается в том, что подобные встречи собирают вместе большое количество людей, активно занимающихся наукой или находящихся в должностях, в которых они могут способствовать ее развитию» [43, с. 383]. Обрисовывая то положение, в котором находится наука, Бэбидж с горечью замечает: «Следует надеяться, что общественное мнение достигнет такого уровня, чтобы относиться терпимо к миру науки» [43, с. 384].

Он пишет о развитии науки: «Ё отличие... от сил тяжести, которые быстро уменьшаются с увеличением расстояния от точки приложения, чем дальше мы продвигаемся от истоков наших знаний, тем больше их становится и тем большими возможностями награждают они своих последователей, добавляя новые просторы к их владениям» [43, с. 385].

Бэбидж предостерегает от опасности, которая возникает при изоляции науки, изучении науки для науки. Он много говорит о связи науки с промышленностью. Большое внимание он уделяет химии: «Химическая наука во многих случаях может иметь большое значение для промышленности и торговли» [там же]. В первую очередь, это относится к производству пищевых продуктов, лекарств и т. п.

Внимание Бэбиджа привлекают новые виды энергии, так как такие «традиционные» ее виды как уголь и нефть расходуются очень интенсивно и их мировые запасы все время уменьшаются. «Прилив два раза в день поднимает огромную массу воды, — пишет он, — которая может быть использована для привода машин», и далее: «В некоторых районах имеются источники горячих вод, из которых столетиями вытекает вода с неизменной температурой». Бэбидж считает, что теплые источники в таких районах как Исландия и другие, нужно использовать; кроме того, следует использовать также тепло вулканов. «Вследствие этого, — замечает он, — в будущем веке $_{x}$главным продуктом торговли исландцев и жителей других вулканических районов может стать энергия» [43, с. 389]. В конце Бэбидж справедливо заключает: «Господство разума над материальным миром будет нарастать с ускорением» [43, с. 391].

Книга Бэбиджа стала знаменательным явлением в науке и экономике первой половины XIX в. Бэбидж выдвинул множество идей, которые впоследствии были развиты и детально разработаны. Многое он предвосхитил.

Исследования Бэбиджа привлекли к себе внимание многих экономистов. Книгу высоко оценивал К. Маркс. Работая над «Капиталом», он использовал книгу Бэбиджа и неоднократно приводил из нее цитаты для подтверждения своих мыслей и выводов.

В главе XII «Разделение труда и мануфактура» первого тома «Капитала» Маркс, в частности, рассматривает вопрос о соотношении отдельных групп рабочих в мануфактурном производстве. К. Маркс пишет: «Следовательно, если каждый рабочий должен изо дня в день совершать постоянно одну и ту же операцию, то для различных операций необходимо различное число рабочих, например в словолитной мануфактуре на 4 литейщиков требуется 2 отбивальщика и один полировщик, так как литейщик отливает в час 2000 букв, отбивальщик отбивает 4000 букв, а полировщик полирует 8000». Затем Маркс приходит к общему выводу: «Раз для определенного производства опытом установлено наиболее целесообразное числовое отношение между различными группами частичных рабочих, то расширить масштаб производства возможно лишь взяв кратное от числа рабочих каждой из этих отдельных групп»[1 Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 358—359.]. Для подкрепления своего вывода К. Маркс приводит цитату из XXI главы книги Бэбиджа: «Раз опыт, сообразно особой природе продукта каждой данной мануфактуры, показал, на сколько частичных операций всего выгоднее разделить процесс производства и какое число рабочих требуется для каждой операции, то все те предприятия, которые не придерживаются точно кратного этих установленных опытом чисел, будут производить с большими издержками... Такова одна из причин колоссального расширения промышленных предприятий» [2 Цит. по: Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 359.].

Анализируя разделение труда, Маркс вводит такое понятие как совокупный рабочий. «Специфическим для мануфактурного периода механизмом остается сам совокупный рабочий, составленный из многих частичных рабочих» [3 Там же, с. 361.], — отмечает он. В процессе изготовления товара от рабочего требуется в одном случае больше силы, в другом, — ловкости, внимательности и т. д. Но каждый отдельно взятый рабочий не обладает в одинаковой степени необходимыми качествами. В результате разделения операций рабочие делятся и группируются

по их «преобладающим способностям», развивая в процессе труда эти способности. Поэтому «совокупный рабочий обладает теперь всеми производственными качествами в одинаковой степени виртуозности и в то же время тратит их самым экономным образом...»[4 Там же, с. 361—362.].

В своих экономических исследованиях Бэбидж не поднимался до такой глубины анализа и абстракций, однако он отмечал существенные стороны производства с разделением труда. Поэтому Маркс приводит цитату из главы XIX книги Бэбиджа, которая вновь подтверждает его собственные выводы: «Так как в мануфактуре работа разделяется на несколько различных операций, из которых каждая требует различной степени искусства и силы, то владелец мануфактуры может обеспечить себя как раз необходимым для каждой операции количеством силы и искусства. А если бы весь процесс изготовления продукта выполнялся одним рабочим, то один и тот же индивидуум должен был бы обладать достаточным искусством для самых деликатных и достаточной силой для самых тяжелых операций»[1 Цит. по: Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 362.].

Изучив труд Бэбиджа, К. Маркс указал на его ограниченность в ряде вопросов. Это было показано при сравнении некоторых положений Бэбиджа и Юра. Экономист Э. Юр (1778—1857), автор книг «Философия фабрики» и «Хлопчатобумажная промышленность в Великобритании», восхваляет капиталистическую фабрику; при этом он показывает, что с ростом крупной промышленности происходит дальнейшее углубление разделения труда.

Маркс отмечает, что Бэбидж превосходит Юра как математик и механик, но «Юр в своем апофеозе крупной промышленности острее подмечает специфический характер мануфактуры, чем прежние экономисты, у которых не было полемического интереса, и даже острее, чем его современники, например Баббедж, который . . . однако крупную промышленность рассматривал, собственно говоря, только с мануфактурной точки зрения» [2 Там же.].

В главе V «Экономия в применении постоянного капитала» третьего тома «Капитала» Маркс рассматривает, в частности, вопрос об экономии, которая достигается благодаря изобретениям. Он проводит грань между всеобщим и совместным трудом. «Всеобщим трудом является всякий научный труд, всякое открытие, всякое изобретение. Он обусловливается частью

кооперацией современников, частью использованием труда предшественников. Совместный труд предполагает непосредственную кооперацию индивидуумов. Вышесказанное, — отмечает Маркс, — получает подтверждение... в большой разнице между издержками первоначальной постройки новой машины и издержками ее производства в последующем, о чем писали Юри Баббедж» [1 Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, с. 115—116.].

В главе XIII первого тома «Капитала» Маркс дает глубокую характеристику машине, которая явилась решающим элементом промышленного переворота. «Машина, от которой исходит промышленная революция, заменяет рабочего, действующего одновременно только одним орудием, таким механизмом, который разом оперирует множеством одинаковых или однородных орудий и приводится в действие одной двигательной силой, какова бы ни была форма последней» [2 Маркс К, и Энгельс Ф, Соч., т. 23, с. 387.]. Здесь Маркс подкрепляет высказанный взгляд на машину также ссылкой на Бэбиджа: «Соединение всех этих простых инструментов, приводимых в движение одним общим двигателем, составляет машину»[3 Цит. по: там же.]. При дальнейшем изложении К. Маркс показывает в данной главе, насколько внедрение машин сокращает процесс изготовления пряжи из хлопка, а вместе с тем и уменьшение ее стоимости. Маркс вновь ссылается на исследования Бэбиджа и отмечает: «Баббедж вычисляет, что на Яве почти одним только трудом прядения стоимость хлопка увеличивается на 117%. В то же самое время (1832 г.) в Англии общая стоимость, присоединяемая при тонкопрядении машинами и трудом к хлопку, составляла около 33% стоимости сырого материала»[4 Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 23, с. 403.].

В главе VI третьего тома «Капитала» К. Маркс среди многочисленных вопросов рассматривает причины обесценения машин в результате их постоянного усовершенствования. «Этот процесс действует с особой силой в первый период введения новых машин, когда эти последние не достигли еще достаточной степени зрелости и когда поэтому они сплошь да рядом оказываются устарелыми раньше, чем успеют воспроизвести свою стоимость. Это является одной из причин обычного в такие периоды чрезмерного удлинения рабочего времени, непрерывной работы благодаря системе дневных и ночных смен...» [5 Маркс К. и Энгельс Ф. Соч., т. 25, ч. I, с. 126.] В этом месте Маркс не приводит конкретных примеров, а отсылает читателя к Ёэбиджу: «примеры этого см., между прочим, у Баббеджа. Обычное средство — понижение заработной платы — применяется и в данном случае....» [1 Там же.].

Конечно, вопрос об использовании Марксом научного труда Бэбиджа, о совпадении и различии их подхода к некоторым экономическим проблемам является большой и самостоятельной темой, которую мы ни в коей мере здесь полностью не раскрыли. Но даже приведенный материал свидетельˆвует о том, что экономические исследования Бэбиджа были глубокими, к ним следует подходить как к существенному шагу в развитии экономической науки — эти исследования использовал К. Маркс при создании своего гениального произведения — «Капитал».

Хотя работа над книгой заняла у Бэбиджа значительное количество времени и внимания, он в это же время продолжал усиленно работать над вычислительными машинами.

Глава пятая
Аналитическая машина Бэбиджа

Исходные положения для разработки аналитической машины

Рассматривая возможности разностной машины, следует отметить, что Бэбидж впервые предложил машину, которая, в отличие от всех предшествующих, могла не только производить один раз заданное действие, но и осуществлять целую программу вычислений. Наряду с табулированием полиномов по методу конечных разностей на машине можно было рассчитывать значения функций, не имеющих постоянных разностей, с помощью искусно подобранных эмпирических формул.

Сам Бэбидж достаточно ясно представлял назначение своей машины. Он пропагандировал использование математических методов в различных областях науки и предсказывал при этом широкое применение вычислительных Машин. В частности, относительно применения математики в химии Бэбидж в 1838 г. писал, что химия, вместе с кристаллографией, должна стать ветвью математики и, используя имеющиеся данные, предсказывать характер нового соединения. Только в наше время, когда оказались разработанными автоматизированные системы поиска новых химических соединений из известных компонентов (на основе данных спектрального анализа), сбылось это научное предсказание Бэбиджа.

После 1833 г., когда была закончена часть разностной машины, Бэбидж не прекращал ею заниматься. Он рассматривает улучшенную схему расположения частей машины, вносит в нее различные изменения.

Продолжая работать над разностной машиной и все время совершенствуя ее, Бэбидж увидел возможность создать новую машину, которая должна была значительно превзойти разностную. В его голове складывается представление, что будущая (впоследствии он назвал ее аналитической) машина должна быть более гибкой, обладать большей скоростью и иметь более простую конструкцию.

Первый рисунок аналитической машины появился в бумагах Бэбиджа в сентябре 1834 г.

О начале работы над этой машиной вспоминает сын Ч. Бэбиджа, генерал-майор Генри Превост Бэбидж. Он пишет о том, что, как ранее и предполагалось, законченная часть разностной

машины, оказалось, обладает большими возможностями, чем те, на которые она была рассчитана [85, с. 331]. Ряд этих возможностей был продемонстрирован на изготовленной части машины.

После установки нескольких связывающих колес колонка результатов могла взаимодействовать с другими колонками и оказывать влияние на отдельные части машины; таким образом был изменен порядок расчета в машине. Конструктивно это было выполнено следующим образом.

Бэбидж предложил расположить оси разностной машины по окружности таким образом, чтобы колонка результатов находилась вблизи от колонки последней разности и соответственно легко связывалась с нею. Он называл это приспособление «машиной, которая ест свой собственный хвост» [там же]. Но вскоре у Бэбиджа возникла идея управления вычислительным устройством полностью независимым путем, что сделало возможным производить не только сложение, но и другие арифметические операции по желанию в любом порядке и столько раз, сколько требуется. Бэбидж писал, что аналитическая машина будет рассчитывать цифровые значения любой алгебраической 'функции в любой заранее известный или зависящий от определенных условий момент времени; она будет прекращать расчет одной алгебраической функции и начинать расчет какой-либо другой так, что эти изменения могут быть повторены сколько угодно раз [77].

Конструктивная разработка аналитической машины казалась Бэбиджу настолько простой, что, по его мнению, пришлось бы затратить больше средств на окончание разностной машины по первоначальному плану, чем конструировать новую машину из более простых механических элементов.

Аналитическая машина была задумана как чисто механическое устройство без каких бы то ни было электрических элементов, так как электротехника в то время только начинала развиваться. Электромеханические реле были изобретены американским физиком Дж. Генри (1797— 1878) в 1835 г. и Бэбидж еще не знал об этом.

Однако при разработке машин Бэбидж предполагал использовать не только механический привод. Уже в первых своих высказываниях о создании машины для расчета таблиц Бэбидж отмечал, что он хотел бы выполнять эти расчеты с помощью какого-либо внешнего источника энергии и, в частности, пара. В письме к Г. Дэви [10] он пишет 0 применении тяжести или любой другой «движущей силы». Уайт отмечает, что «по проекту Бэбиджа приводить аналитическую машину в действие должен

был паровой двигатель» [102].

На аналитической машине Бэбидж собирался вычислить навигационные таблицы, выверить таблицы логарифмов, рассчитать ряд астрономических таблиц и провести много других вычислительных работ.

В письме президенту Королевской академии наук в Брюсселе Стассарту, представленном на общее собрание академии 7—8 мая 1835 г., Бэбидж останавливается на возможностях своей машины. Приведем выдержку из этого письма (в переводе В. Я. Буняковского): [[1] В России о проекте аналитической машины Бэбиджа впервые было сообщено в 1839 г. в работе академика Петербургской академии наук В. Я. Буняковского «Лексикон чистой и прикладной математики» [92].] «Я сам удивляюсь могуществу оставляемой мною машины, за год перед сим я не поверил бы возможности такого результата. Эта машина может производить действия над ста переменными (числами, которые могут изменяться); каждое число может состоять из 25 цифр. Если изобразим через $v_1, \ldots, v_n$ какие угодно числа, где n менее ста, и предположим, что имеет какую ни есть функцию $f(v_1, v_2, \ldots v_n)$, которая составляется посредством сложения, вычитания, умножения, деления, извлечения корней и возвышения в степень, то машина определит численную величину этой функции. Она произведет подставление сей величины на место v или иной переменной и вычислит новую функцию относительно v_1. При пособии этой машины почти все управления в конечных разностях могут быть приведены в таблицы.

Положим, что посредством наблюдений получили до тысячи величин a, b,c, d и желаем вычислить их по формуле $P = \sqrt{((a + b)/cd)}$; сперва приготовляют машину к вычислению этой формулы и располагают первый ряд величин a, b, c, d; потом машина вычислит их, напечатает и уравнит нулю; наконец, зазвонит колокольчик и тем самым даст знать, что надобно расположить второй ряд постоянных. Когда, между каким ни есть числом последовательных коэффициентов ряда, существует отношение, выражающееся, как сказано было выше, то машина вычислит их и определит последовательно члены того ряда; после того можно будет расположить машину так, что она даст сумму ряда для каких угодно значений переменного количества» [92, с. 90—91]. В конце письма Бэбидж пишет, что он уже сумел преодолеть самые большие трудности в своем изобретении и что чертежи машины будут закончены через несколько месяцев.

Роль Менабреа и Лавлейс в развитии идей Бэбиджа

В 1840 г. Бэбидж получил от своего друга математика М. Плана письмо с просьбой приехать в Турин для встречи с итальянскими учеными. В этом письме Плана пишет, что он расспрашивал многих соотечественников Бэбиджа о возможностях и механизме аналитической машины. В результате собранных сведений он представляет себе следующую картину: «До сих пор законодательная часть анализа была весьма мощной, исполнительная — совершенно ничтожной. Ваша машина, кажется, представляет нам возможность управления исполнением, которую мы имели ранее только над законодательной частью» [85, с. 64].

Впоследствии Бэбидж, говоря об этом приглашении, писал: «Рассмотрев чрезвычайно ограниченную информацию, которую смог получить мой друг относительно аналитической машины, я был удивлен и обрадован точным предсказанием ее возможностей. Даже в настоящее время я не могу выразить более ясно и в нескольких словах ее действительное назначение.

Я собрал вместе те из моделей, чертежей и заметок, которые, как я полагал, должны были наиболее подходить для уяснения принципов и методов работы аналитической машины, и сообщил о своем намерении приехать» [там же].

По пути в Италию Бэбидж проехал через Францию и посетил Лион, чтобы посмотреть процесс производства шелковых и других тканей. В частности, он хотел увидеть станок, на котором был выткан портрет изобретателя перфокарт Ж. М. Жаккара. Он купил копию этого портрета и привез его в Италию для подарка королеве.

В Италии Бэбиджа встретили торжественно. Король Сардинии К ар л-Альберт дал ему аудиенцию. Бэбиджа посетили крупные итальянские математики и инженеры: Мак Калак, Менабреа, Моссоти, Плана, Плантамор и др. После встреч и бесед, которые продолжались несколько дней по утрам в доме, где остановился Бэбидж, было решено провести ряд научных заседаний. Предполагалось, что Бэбидж расскажет о самой аналитической машине и о вопросах, связанных с ней.

Впоследствии Бэбидж так описывал начало этих заседаний: «В комнате заседания кругом были развешаны формулы, чертежи и различные иллюстрации, которые я привез с собой. В первый день был представлен краткий набросок идеи. Мои друзья время от времени просили объяснить те места, которые я выразил недостаточно четко. Плана первым предложил делать заметки с целью описания принципов работы машины. Но собственные напряженные занятия заставили его отказаться от замысла и предложить эту задачу своему более юному другу Менабреа» [85,

с. 64].

Эти заседания и дискуссии, которые на них разгорались, имели для Бэбиджа большое значение. Он впервые подробно излагал свои взгляды на аналитическую машину, ее возможности и конструкцию. Вспоминая об этих заседаниях., он писал: «Собственные идеи при этом стали яснее, и я значительно выиграл от многочисленных замечаний, сделанных моими в высшей степени одаренными друзьями» [там же].

Поездка в Италию имела одно замечательное последствие. Л. Ф. Менабреа [1 Менабреа позже получил звание профессора прикладной математики в Туринском университете. Впоследствии он стал одним из руководителей борьбы за национальное освобождение и объединение Италии.] (1809—1869), следуя совету Плана, подробно записывал содержание лекций и бесед Бэбиджа. Будучи способным математиком и механиком, имея широкий научный кругозор, Менабреа сумел усвоить и оценить идеи Бэбиджа, разобраться в устройстве его машины. В октябре 1842 г. в печати появилась статья Менабреа, в которой впервые было дано описание машины Бэбиджа и изложение его идей. Менабреа, в частности, писал относительно программирования на аналитической машине: «После того, как будет изобретена машина, трудность будет заключаться в составлении перфокарт; однако, поскольку они являются просто переводом алгебраических формул, то при помощи каких-либо простых указаний легко будет получить их выполнение не очень квалифицированному работнику. Таким образом, вся умственная работа будет ограничена подготовкой формул, которые должны быть удобны для вычислений, производимых машиной» [85, с. 243].

Вскоре после появления статьи Менабреа А. А. Лавлейс (1815—1852) сообщила Бэбиджу, что перевела статью на английский язык. Здесь необходимо остановиться на личности Лавлейс, одной из немногих, оценивших прогрессивное значение идей Бэбиджа и в значительной мере способствовавших их распространению.

Ада Августа была единственной дочерью великого английского поэта Джорджа Байрона (1788—1824) и Аннабеллы Милбэнк (1792—1860).

[2 В 1816 г., когда Аде исполнился один год, Байрон навсегда покидает Англию. Отъезд во многом был вынужденным — острый политический характер общественных и литературных выступлений Байрона возбудил против него реакционное английское общество, скандальную огласку получил его разрыв с

женой. Байрон никогда больше не видел дочери, но часто вспоминал о ней, заботился о ее воспитании, посвятил ей трогательные и нежные строки в поэме «Чайльд Гарольд»:

1

Дочь, птенчик, Ада милая! На мать Похожа ль ты, единственно родная?

В день той разлуки мне могла сиять В твоих глазах надежда голубая. . .

118

.....

Спи в колыбели сладко, без волненья:

Я через море, с горной высоты Тебе, любимой, шлю благословенье,

Каким могла б ты стать для моего томленья!

(Перевод, Г. Шенгели, песнь третья). Байрон Дж. Избранные произведения. М., ГИХЛ, 1953.]

Ада получила прекрасное воспитание. Важное место в нем занимало изучение математики — в немалой степени под влиянием матери, проявлявшей неизменный интерес к математическим вопросам. Бэбидж, который был знаком с леди Байрон, поддерживал увлечение юной Ады математикой. Занятия Ады поощряют друзья ее семьи — известный математик де Морган и его жена, супруги Соммервил и др.

К 1834 году относится знакомство Ады с разностной машиной Бэбиджа. Ада посещает публичные лекции Д. Ларднера о машине. В это же время, совместно с Соммервилем и другими, она впервые навещает Бэбиджа и осматривает его мастерскую.

После первого посещения Ада стала часто бывать у Бэбиджа, иногда в сопровождении миссис де Морган. В своих воспоминаниях де Морган так описала один из первых визитов: «Пока часть гостей в изумлении глядела на это удивительное устройство (разностную машину. — Авт.) с таким чувством как, говорят, дикари первый раз видят зеркальце или слышат выстрел из ружья, мисс Байрон, совсем еще юная, смогла понять работу машины и оценила большое достоинство изобретения» [106, с. 89].

Мэри Соммервил также вспоминала, что они вместе с Адой «. . .часто посещали мистера Бэбиджа, работавшего над вычислительной машиной»; Бэбидж всегда приветливо встречал их, терпеливо объяснял устройство своей машины и практическую пользу автоматических вычислений [104, с. VII-XII].

В течение ряда лет Ада изучала математику под руководством де Моргана, который считал ее очень способной

ученицей. Бэбидж постоянно следил за научными занятиями Ады, он подбирал и посылал ей статьи и книги, в первую очередь по математическим вопросам.

В 1835 г. Ада Байрон в возрасте 19 лет вышла замуж за лорда Кинга, который впоследствии стал графом Лавлейс. Муж с одобрением относился к научным занятиям Ады и по возможности помогал в них. Замужество Ады не отдалило ее от Бэбиджа; их отношения стали еще более сердечными.

В начале знакомства Бэбиджа с Адой его привлекли математические способности девушки. В дальнейшем Бэбидж нашел в ней человека, который полностью понимал его устремления, поддерживал все его смелые, а порою и дерзкие начинания. Отношения Бэбиджа с Адой Лавлейс во многом скрасили его личную жизнь, частые неудачи в работе. Ада, кроме того, была почти ровесницей его рано умершей единственной дочери. Все это привело, несмотря на сложность и противоречивость характера Бэбиджа, к теплому и искреннему отношению к Аде на долгие годы.

Ада Августа Лавлейс

На портрете А. Лавлейс выглядит миловидной темноволосой женщиной. Ада была маленького роста, и Бэбидж, упоминая о ней, часто называл ее феей. Однажды редактор журнала «Экзаменатор» описал ее следующим образом: «Она была удивительна, и ее гений (а она обладала гениальностью), был не

поэтический, а метафизический и математический, ее ум находился в постоянном движении, которое соединялось с большой требовательностью. Наряду с такими мужскими качествами как твердость и решительность леди Лавлейс присущи были деликатность и утонченность наиболее изысканного женского характера. Ее манеры, вкусы, образование . . . были женскими в хорошем смысле этого слова, и поверхностный наблюдатель никогда не смог бы предположить силу и знания, которые лежали скрытыми под женской привлекательностью. Насколько она питала неприязнь к легкомыслию и банальностям, настолько она любила наслаждаться настоящим интеллектуальным обществом.Она страстно желала быть знакомой со всеми людьми, известными в науке, искусстве и литературе» [87, с. 159].

Ада была достаточно образована и умна, чтобы оценить дружбу такого выдающегося человека, как Бэбидж. Супруги Лавлейс вели светский образ жизни, регулярно устраивая приемы и вечера в своем лондонском доме и загородном имении Окхам-Парк, где постоянно бывал и Бэбидж. Несмотря на частые личные встречи, между Адой Лавлейс и Бэбиджем велась оживленная переписка.

Ада унаследовала от отца и литературные способности: ее письма написаны легко, красивым языком. В одном из писем к Бэбиджу, давая себе характеристику, А. Лавлейс пишет: «Мой мозг — нечто большее, чем просто смертная субстанция; я надеюсь, время покажет это (если только мое дыхание и прочее не будет слишком быстро прогрессировать к смерти). Клянусь Дьяволом, что не пройдет и десяти лет, как я высосу некоторое количество жизненной крови из загадок вселенной, причем так, как этого не смогли бы сделать обычные смертные губы и умы. Никто не знает, какая ужасающая энергия и сила лежат еще неиспользованными в моем маленьком гибком существе» [87, с. 174-175].

У супругов Лавлейс в 1836 г. родился сын, в 1838 — дочь и в 1839 — сын. Естественно, что это оторвало Аду на время от занятий математикой. Но вскоре после рождения третьего ребенка она обращается к Бэбиджу с просьбой подыскать ей преподавателя математики. При этом Ада пишет, что имеет силы дойти так далеко в достижении своих целей, как она этого пожелает.

Бэбидж в письме от 29 ноября 1839 г. отвечает Лавлейс: «Я думаю, что Ваши математические способности настолько очевидны, что не нуждаются в проверке. Я навел справки, но найти в настоящее время человека, которого я мог бы

рекомендовать Вам как преподавателя, мне не удалось. Я продолжу поиски» [87, с. 162].

С начала 1841 г. Лавлейс серьезно занялась изучением машин Бэбиджа. В связи с этим меняется характер их переписки, которая в дальнейшем длительное время связана с научными вопросами.

5 января 1841 г., приглашая Бэбиджа в Окхам-Парк, Лавлейс пишет: «Вы должны сообщить мне основные сведения, касающиеся Вашей машины. У меня есть основательная причина желать этого». В письме от 12 января она подробно излагает свои планы: «Я очень хочу говорить с Вами. Я намекну Вам о чем. Мне пришло в голову, что некоторое время в будущем (может быть в течение трех или четырех, а возможно даже многих лет) моя голова может служить Вам для Ваших целей и планов. Если так, если я когда-либо смогу быть Вам полезной, — моя голова будет принадлежать Вам. Именно по этому вопросу я хочу серьезно поговорить с Вами» [87, с. 164].

Это предложение было с признательностью принято Бэбиджем. С этого времени их научные контакты, точнее — научное сотрудничество, не прерывалось и дало блестящие результаты.

22 февраля 1841 г. Лавлейс пишет Бэбиджу. «Я много думаю о возможности (полагаю, что могу сказать вполне вероятном) сотрудничестве между нами в будущем. . . Я считаю, что результаты этого сотрудничества будут полезны для нас обоих и полагаю, что эта идея (которую, между прочим, я долго вынашивала в смутной и приблизительной форме) является одной из тех счастливых проявлений интуиции, которые временами приходят в голову так необъяснимо и удачно» [там же].

В октябре 1842 г. была опубликована работа Менабреа, и Ада занялась ее переводом. Бэбидж был очень доволен. Впоследствии он вспоминал, что, узнав о переводе, спросил Аду «почему она не написала самостоятельной статьи по этому вопросу, с которым была так хорошо знакома. На это леди Лавлейс ответила, что эта мысль не пришла ей в голову. Тогда я предложил, чтобы она добавила некоторые примечания к очерку Менабреа. Эта идея была ею немедленно принята» [85, с. 68].

План и структуру примечаний они разрабатывали совместно, неоднократно возвращаясь к этому вопросу как в беседах, так и в переписке. Закончив очередное примечание, Лавлейс отсылала его Бэбиджу, который редактировал его, делал различные замечания и возвращал.

Работа была передана в типографию 6 июля 1843 г. Начиная

с 10 июля стала поступать корректура, которую также смотрели и исправляли совместно. Слуга Лавлейс иногда по нескольку раз в день относил Бэбиджу просмотренный и исправленный текст. Если у Бэбиджа не было принципиальных возражений, он передавал корректуру непосредственно в типографию, если же его изменения были существенны, он отсылал материалы Лавлейс. Когда возникали разногласия, они встречались и разрешали их в личной беседе. Так, например, А. Лавлейс просит Бэбиджа прийти 13 июля на Сент-Джеймскую площадь в 9 часов утра, объясняя время встречи тем, что «столь ранний час выбран мною потому, что в этот день надо сделать очень много» [87, с. 177].

Несмотря на принципиальное согласие, иногда им приходилось трудно, так как столкнулись вместе две яркие индивидуальности со своими взглядами, привычками и манерой работать, Бэбидж часто путал отдельные страницы, иногда даже терял их, по нескольку раз правил одни и те же листы и не заглядывал в другие и т. п. Это раздражало пунктуальную и аккуратную Лавлейс. В свою очередь Лавлейс болезненно воспринимала многие исправления и замечания Бэбиджа. Так, например, в одном из писем она пишет Бэбиджу: «Я очень раздосадована тем, что Вы изменили мое примечание. Вы знаете, что я всегда соглашаюсь сделать любые необходимые изменения, но самостоятельно, и я не терплю, чтобы кто-либо вмешивался в мой текст. Если я не права, я смогу внести изменения при сверке, если Вы, конечно, пришлете мне корректуру» [87, с. 170].

Несмотря на некоторые неувязки и порой даже резкий тон, они работали совместно, хорошо понимая друг друга. Созданию такой творческой обстановки в первую очередь способствовал Бэбидж. Хотя он был раздражительным человеком, обижавшимся на любые возражения, в отношении Лавлейс Бэбидж проявлял тактичность и чуткость. Он понимал, что для женщины со слабым здоровьем и большим, пусть даже обоснованным, самомнением, одобрение является существенным моральным стимулом творчества. Поэтому' Бэбидж не упускал случая отметить успехи Лавлейс. Так, 30 июня Бэбидж писал ей: «Я получил наслаждение от примечания D. Оно написано Вашим обычным ясным стилем» [87, с. 169]. 2 июля: «Мне очень не хочется расставаться с превосходным философским рассмотрением аналитической машины, содержащимся в примечании А. . . Чем больше я читаю Ваши примечания, тем больше поражаюсь Вашей интуиции» [87, с. 171]. Таких записок было много.

28 июля Лавлейс восторженно пишетБэбиджу: «Я счастлива узнать, что мои Примечания требуют фактически мало

исправлений. Сказать честно, я сама не могла бы быть не поражена ими. хотя речь идет обо мне самой. Они действительно написаны прекрасным стилем, который превосходит стиль самого очерка. Я заставила рассмеяться графа Л., когда невозмутимым тоном заметила: «Я очень довольна своим первенцем. Это необычайный ребенок и он вырастет в человека первоклассной величины и силы» [87, с. 179-180].

А. Лавлейс была права, эта ее работа действительно оказалась первоклассной. К большому сожалению, кроме нее Лавлейс не оставила больше ничего. «Первенец» оказался единственным.

А. Лавлейс работает с большим напряжением. В письмах к Бэбиджу она неоднократно жалуется на утомление, болезнь, плохое самочувствие. «Я работала непрерывно с семи часов утра до того времени пока оказалось невозможным концентрировать далее свое внимание» [87, с. 178]. «Примечание В измучило меня до смерти, хотя я сделала в нем только небольшие изменения» [87, с. 183]. «Я едва ли смогу описать Вам, как меня мучит и изводит болезнь» [87, с. 172] и т. п.

6 августа Бэбидж отсылает Лавлейс свои последние замечания и просит передать все в типографию. В конце августа того же 1843 г. перевод статьи Менабреа с примечаниями Лавлейс, которые почти в три раза превысили объем статьи Менабреа, вышел в свет [79]. Бэбидж был очень доволен и, отдавая дань обоим авторам, писал: «Эти работы (Менабреа и Лавлейс), взятые вместе, представляют для тех, кто способен понимать рассуждения, полную демонстрацию того, что все действия и операции анализа могут быть выполнены с помощью машин» [85, с. 68].

Менабреа был удивлен, обнаружив свою статью не только хорошо переведенной, но и снабженной обширными и глубокими комментариями и замечаниями. Статья была переведена неизвестным для Менабреа математиком (в этом он не сомневался), а каждое замечание было подписано инициалами A. A. L. (Ada Augusta Lovelace), которые он не мог связать ни с одним известным ему лицом. Каково же было восхищение Менабреа, когда после длительных выяснений он узнал, что за этими инициалами кроется 28-летняя леди Лавлейс.

После окончания работы над статьей Менабреа Ада Лавлейс в письме от 11 августа задает Бэбиджу вопрос, оставит ли он «интеллект и способности «леди-феи» на службе своим великим целям?» [87, с. 177]. Ответ Бэбиджа был, естественно, положительным. В этом же письме Лавлейс предлагает консультировать всех желающих по вопросам, связанным с

вычислительными машинами, чтобы Бэбидж не отвлекался от основной работы.

Бэбидж продолжает работать над аналитической машиной, хотя все время испытывает большие финансовые трудности. 4 ноября 1842 г. Бэбидж получает письмо, в котором правительство окончательно отказывает ему в финансовой поддержке. 11 ноября он встречается с Робертом Пилем и пытается его убедить в необходимости финансирования дальнейших работ; однако беседа не принесла положительных результатов. Несмотря на это, Бэбидж не бросает работы над аналитической машиной. Он разрабатывает почти фантастические, нереальные способы приобретения денег.

Один из них относится к разработке системы ставок на бегах, которая бы давала верный выигрыш. В этом активное участие принимают супруги Лавлейс, большие любители лошадей. Как и следовало ожидать «система» не привела к выигрышу. Проиграв на скачках довольно большую сумму, Бэбидж и граф Лавлейс отказались от дальнейшего участия в игре. Но Ада продолжала упорно играть, часто даже скрытно и от мужа и от Бэбиджа. Она израсходовала на скачках почти все средства, которые ей принадлежали.

Лавлейс продолжала играть на скачках до своей болезни, первые признаки которой появились в начале 50-х годов. В ноябре 1850 г. она пишет Бэбиджу: «Здоровье мое. . . настолько плохо, что я хочу принять Ваше предложение и показаться по приезде в Лондон Вашим медицинским друзьям» [87, с. 209].

Несмотря на принимаемые меры, болезнь прогрессировала и сопровождалась тяжелыми мучениями. 27 ноября 1852 г. Ада Августа Лавлейс скончалась, не достигнув 37 лет. Она была погребена рядом с отцом в фамильном склепе Байронов. Бэбидж очень тяжело перенес эту утрату.

После смерти Лавлейс Бэбидж уничтожил большую часть переписки с ней.[1 По просьбе Лавлейс, высказанной в ее последнем письме Бэбиджу (от 12 августа 1852 г.), были уничтожены некоторые бумаги (она имела в виду письма, в которых упоминалось об игре на скачках).] Сохранившиеся письма не только глубже раскрывают творческий облик этих двух замечательных ученых, но и дают возможность лучше понять жизненные принципы и позиции их авторов.

Существенное внимание в примечаниях А. Лавлейс к статье Менабреа уделено особенностям структуры и возможностям аналитической машины. Но основная заслуга А. Лавлейс состоит в том, что она разработала первые программы для аналитической машины, заложив теоретические основы программирования [97].

Теоретические возможности машины

1842—1848 годы Бэбидж посвятил почти исключительно созданию аналитической машины. В это время он разработал теоретические основы машины и уяснил огромные возможности, которые могут иметь подобные устройства. Без какой бы то ни было финансовой поддержки Бэбидж продолжал работу, используя собственные средства. Он нашел чертежников и рабочих, которые работали у него дома. Как и при изготовлении разностной машины, он решил начать работу с выполнения модели. В процессе работы он постоянно вносил изменения в конструкцию машины и ставил бесконечные эксперименты.

Не окончив первую модель машины, Бэбидж принимается за следующую. Но затем он временно прекращает работу над аналитической машиной, так как в 1848 г. решает разработать полный комплект чертежей для второй разностной машины. В этих чертежах должны были быть отражены все усовершенствования, к которым Бэбидж пришел, создавая аналитическую машину. В 1849 г. он закончил эту работу.

В том же году друг Бэбиджа, известный астроном У. Росс (1800—1867), был избран президентом Лондонского королевского общества. Росс всегда интересовался работами Бэбиджа. Узнав, что Бэбидж изготовил полный комплект чертежей разностной машины, Росс предложил Бэбиджу передать чертежи правительству и, обратившись с письмом к премьер-министру, попытаться убедить его в необходимости постройки машины. На предложение Росса Бэбидж ответил, что его первым желанием было отказаться, но, если правительство согласится изготовить машину, он готов передать ее чертежи и пояснения к ним.

Однако неприятности вновь преследуют Бэбиджа. Во время подготовки письма к премьер-министру произошла смена правительства. В начале 1852 г. Бэбидж написал письмо новому премьер-министру лорду Дерби. Это письмо, в котором Бэбидж жаловался на «потери и пренебрежение» к его трудам, Росс передал лорду Дерби. Кроме того, от имени Королевского общества он поддержал проект создания разностной машины.

В июне 1852 г. премьер-министр направил письмо Бэбиджа канцлеру казначейства Б. Дизраэли для ответа. Дизраэли быстро решил, что и через годы Бэбидж не закончит постройку машины. В своем ответе он писал, что проект представляется весьма

дорогостоящим, затраты на его реализацию невозможно оценить, а работы, по всей вероятности, никогда не приведут к созданию механизма, заслуживающего внимания. Поэтому вряд ли можно было бы оправдать правительство, если бы оно согласилось принять на себя какие-либо обязательства по этому проекту.

Ответ канцлера, окончательно отказавшего в финансовой поддержке, возмутил Бэбиджа и вызвал ряд его резких замечаний. Бэбидж говорил, что разностная машина «может не только сосчитать миллионы, которые растратил канцлер, но и считать очень малые числа». Бэбидж назвал канцлера «Геростратом науки, имя которого, если избежит забвения, будут вспоминать только как имя разрушителя храма Изиды» [85, с. XVI].

В 1849 г., закончив чертежи разностной машины, Бэбидж возобновил работу над аналитической. К тому времени у него сложилось отчетливое представление о машине, как об устройстве, позволяющем заменить труд многих вычислителей. Человек-вычислитель, проводя расчет без машины, использует следующие средства: ручной счетный прибор для производства арифметических действий; расчетный бланк для записи промежуточных результатов и порядка расчета, т. е. программу вычислений; справочные таблицы и собственные соображения относительно последовательности выполнения операций. Бэбидж разрабатывает машину с такой же функциональной структурой; она включает три основных блока (рис. 2).

Первое устройство, которое Бэбидж называет «store» [1 Storage (англ.) — накопитель. Этот термин в настоящее время сравнительно широко применяется для обозначения запоминающих устройств, преимущественно устройств большой емкости (накопители на магнитных дисках, магнитных лентах и т. д.).] предназначено для хранения цифровой информации на регистрах из колес; в современных машинах это — запоминающее устройство.

Во втором устройстве с числами, взятыми из памяти, проводятся цифровые операции; у Бэбиджа оно носит название «mill»[1 Mill (англ.) — фабрика, завод, мельница.], в настоящее время — арифметическое устройство.

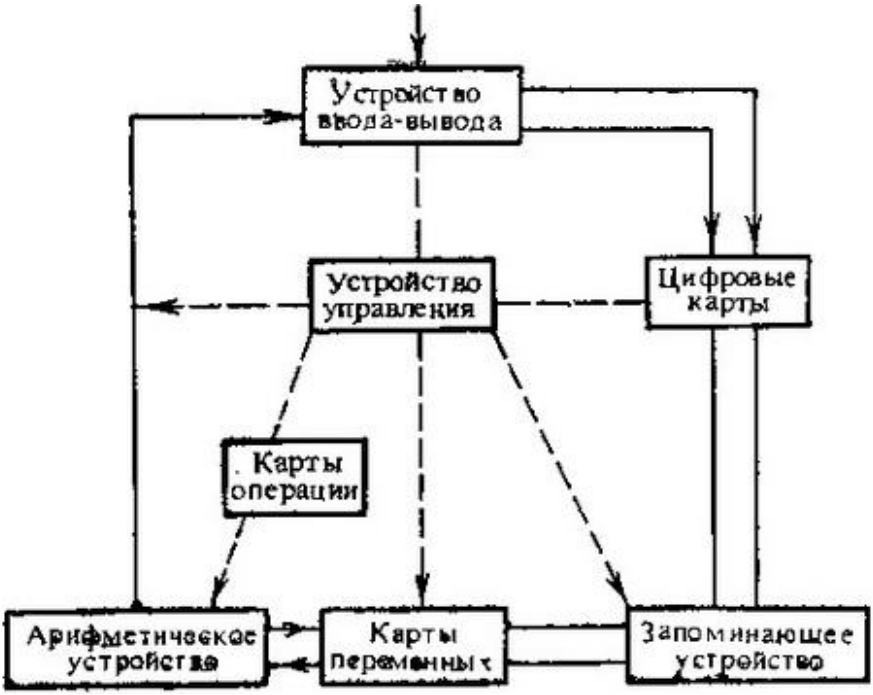


Рис. 2. Блок-схема аналитической машины

Третье устройство управляет последовательностью операций, выборкой чисел, с которыми производятся операции, и выводом результатов. Бэбидж оставил это устройство без названия; по современной терминологии этот «мозг» машины называется устройством управления.

В конструкцию аналитической машины также входило устройство ввода-вывода.

Рассмотрим характеристики основных блоков. Эффективность машины как вычислительного устройства во многом зависит от количества информации, которое может храниться в ее памяти. Бэбидж проектировал память машины, составленную из 1000 колонок по 50 цифровых колес в каждой, т. е. из 1000 чисел длиной в 50 десятичных разрядов. Эта величина приемлема даже в настоящее время и соответствует более чем 150 000 двоичных знаков (в современных ЭВМ, в основном, применяется двоичная система счисления); машины с таким объемом памяти начали разрабатываться только с 1946 г. Кроме того, машина должна была иметь встроенные (т. е. реализованные схемным образом) логарифмические и другие таблицы. После того как одна или несколько колонок использованы для каких-либо величин (данных или переменных), может случиться, что, начиная с какого-то момента, эти величины не потребуются далее; тогда они могут быть напечатаны на бумаге, а колонки

используются для других данных. Если для решения какой-нибудь задачи требуется использовать больше величин, чем их можно поместить на регистрах, то возможно записать эти величины на перфокартах, которые могут следовать друг за другом в неограниченной последовательности.

Ж. М. Жаккар

Предполагая, что скорость движущихся частей машины не превышает 40 фут/мин (12 м/мин), Бэбидж оценивал ее быстродействие следующими цифрами:

сложение (вычитание) двух 50-разрядных чисел производится со скоростью 60 сложений в минуту или 1 операция в секунду;

умножение двух 50-разрядных чисел — со скоростью 1 операция в минуту;

деление числа из 100 разрядов на число из 50 разрядов— со скоростью 1 операция в минуту.

Для устройства управления Бэбидж намеревался применить разновидность карт Жаккара.

Ж. М. Жаккар (1752—1834) — французский ткач и механик, внесший много усовершенствований в ткацкое производство. В 1799 г. он построил свой первый ткацкий станок, который в 1801 г. на выставке в Париже получил бронзовую медаль. В 1804 г. Лондонское королевское общество, а затем Французское общество поощрения ремесел объявили премию за изобретение машины

для вязания рыболовных сетей. Жаккар принял участие в конкурсе и получил от Французского общества золотую медаль и премию в 3000 франков. Но основная его заслуга состоит в том, что в самом начале XIX в. он автоматизировал работу ткацкого станка при изготовлении тканей со сложным переплетением нитей. Для управления работой станка были использованы перфорированные карты. Перфокарты Жаккара представляли собой картонные прямоугольники, на которых в определенных местах пробивались отверстия.

Управляли станком следующим образом. Группа нитей основы, выбранная так, чтобы образовать нужный узор, должна быть приподнята перед каждым проходом челнока. Нити проходят через проволочные петли (ремизки), прикрепленные по несколько штук к ряду крючков, расположенных в раме. Каждую группу нитей основы можно приподнять, поднимая перед проходом челнока соответствующий крючок. Та часть крючков, которая должна быть приподнята при каждом прохождении челнока, определяется отверстиями, пробитыми в перфокартах, — одна перфокарта для каждого пробега челнока. Карты связаны между собой веревочными петлями в непрерывный ряд. Перед проходом челнока одна из карт прижимается к матрице, состоящей из горизонтальных стержней, каждый из которых связан с одним крючком. В результате этого приходят в движение только те стержни, которые соприкасаются с картами; стержни, приходящиеся напротив отверстий в картах, остаются неподвижными.

Движущиеся стержни соединены с соответствующими крючками и убирают их с пути. После прохода челнока карта возвращается в исходное положение, затем к матрице стержней подходит новая карта.

Обычно в жаккаровском станке в матрице содержится 400 и более стержней и соответствующее число крючков. Наличие большого числа перфокарт, идущих одна за другой, дает возможность изготовлять довольно сложные узоры. Так, например, знамя с двуглавым орлом изготовлялось на станке с 14 000 карт; с помощью нескольких десятков тысяч перфокарт был выткан на шелку портрет Жаккара.

Рис. 3. Ткацкий станок Жаккара (1810)

Следует отметить, что сама операция изготовления карт довольно сложная, Рисунок ткани должен быть вначале выполнен на особой клетчатой бумаге (заправочный рисунок ткани). Затем соответственно каждому пробегу челнока должна быть пробита отдельная карта. При большом количестве карт на их изготовление уходило очень много времени.

Идея управления работой ткацкого станка при помощи перфокарт высказывалась и ранее (во Франции в 1728 г. М. Фальконом и в 1745 г. Ж. Вокансоном). Но только Жаккару удалось использовать ее в ткацком станке. Его конструкция станка 1804 г. быстро получила широкое распространение во Франции; с 1824 г. она вошла в употребление в Англии. Фактически на перфокартах отражались элементы двоичной арифметики: 0 и 1. Например, отверстие означает 0, а отсутствие отверстия — 1; это можно также интерпретировать как «да» и «нет» или как-нибудь по-другому.

После изобретения Жаккара перфорационный принцип управления получил распространение в тех машинах, где требовалось согласование различных действий многих механизмов. Этот принцип применяли, например, в музыкальных аппаратах, наборных машинах и в других случаях.

Перфокарты, с помощью которых Бэбидж предполагал

автоматизировать работу аналитической машины, могут быть разделены на две основные группы: операционные (или перфокарты операций) и управляющие.

С помощью операционных перфокарт осуществлялись сложение, вычитание, умножение и деление чисел, находящихся в арифметическом устройстве. Операционные перфокарты выглядели так:

С помощью управляющих перфокарт осуществлялась передача чисел как внутри машины (из памяти в арифметическое устройство и обратно), так и в системе — «человек- машина» (ввод оператором новых чисел в память машины и вывод результатов вычислений на печать).

Для обозначения управляющих перфокарт, с помощью которых осуществлялась передача чисел между памятью и арифметическим устройством, Бэбидж использовал термин «карты переменных». В письме к Лавлейс от 30 июня 1843 г. Бэбидж писал, что в аналитической машине «используются только три вида карт переменных:

1) карты, с помощью которых переменные выводятся из памяти в счетное устройство, на колонках при этом остается нуль;

2) карты, с помощью которых переменные выводятся из памяти в счетное устройство, при этом величина их в памяти сохраняется;

3) карты, с помощью которых можно вызвать любую нулевую переменную с целью получения результата из счетного устройства» [87, с. 172].

Лавлейс предложила следующие названия данных трех разновидностей карт переменных:

1) «нулевая карта» (для вызова числа из регистра памяти с одновременной установкой нуля в регистре — по современной терминологии «считывание с разрушением информации»);

2) «удерживающая карта» (для вызова числа из регистра памяти без изменения содержания регистра — по современной терминологии «неразрушающее считывание»);

3) «доставляющая карта» (для передачи числа из арифметического устройства в память).

В письме к Лавлейс от 2 июля 1843 г. Бэбидж отмечал, что с помощью карт переменных нельзя заказать более одной переменной одновременно, так как механизм не приспособлен для этого. Практически только с 60-х годов XX в. в ЭВМ стала

применяться параллельная обработка данных, т. е. совмещение во времени выполнения команд.

Для обозначения управляющих перфокарт, применяемых для ввода оператором чисел в память аналитической машины Бэбидж использовал термин «цифровая карта».

С помощью цифровых карт предполагался ввод чисел для решения конкретной задачи, в том числе констант значений логарифмов и т. д.

Важно отметить, что применение перфокарт не только обеспечивало автоматическое решение задачи на аналитической машине, но и существенно облегчало подготовительную работу для решения другой однотипной или сходной задачи. «За исключением цифровых карт, — писал Бэбидж, — все карты, однажды использованные и изготовленные для одной задачи, могут быть использованы для решения тех же задач с другими данными, поэтому нет необходимости готовить их во второй раз — они могут быть тщательно сохранены для будущего использования. Каждая формула требует своего массива карт и со временем машина будет иметь собственную библиотеку» [87, с. 173]. Иными словами, Бэбидж высказал идею создания библиотеки подпрограмм, реализованную только в начале 50-х годов XXв.

Бэбидж следующим образом описывает процесс движения перфокарт при выполнении операций: «Средства, которые я применил, ежедневно используются при ткачестве. Они включают систему карт с различными отверстиями, которые объединяются в массив до достижения любого требуемого объема. Два больших ящика, один из которых пустой, а другой — наполненный перфорированными картами, располагаются спереди и сзади многогранной призмы. Эта призма прерывисто вращается на своей оси, и каждый раз продвигается вперед на короткое расстояние, после чего немедленно возвращается.

Карта проходит над призмой только перед каждым ходом челнока. Те карты, что прошли, падают вниз, пока не достигнут пустого ящика для сбора карт, в котором они располагаются одна над другой. При заполнении одной коробки становится другая пустая коробка для приема поступающих карт, а новая полная коробка на противоположной стороне заменяет только что опустевшую. Когда число карт на входной стороне точно соответствует числу карт на выходной, они полностью уравновешивают друг друга, так что вне зависимости от рассчитываемой формулы, крайне сложной или очень простой, сила, которая должна быть приложена, всегда остается почти той же самой» [85, с. 63].

В качестве иллюстрации процесса управления аналитической машиной с помощью перфокарт рассмотрим последовательность операций (программу работы) при расчете выражения (ab + c)d (табл. 4). Как видно из таблицы, для проведения расчета используются 14 управляющих перфокарт и 3 операционные.

Таблица 4. Последовательность операций в аналитической машине для определения значения x = (a x b + c) d

Управляющие карты	Существо операций
1	Установить a на колонке 1 памяти
2	» b » 2 »
3	» e » 3 »
4	» d » 4 »
5	Вызвать a из памяти в арифметическое устройство
6	То же для b Операционная карта 1 (a x b = p)
7	Установить p на колонке 5 памяти, где хранить для дальнейшего пользования
8	Вызвать p в арифметическое устройство
9	То же для c Операционная карта 2 (p + c = k)
10	Установить к на колонке 6 памяти
11	Вызвать d в арифметическое устройство
12	То же для k Операционная кв рта 3 (d x k = p_2)
13	Установить p_2 на колонке 7 памяти
14	Вывести p_2 на печать или аппарат для изготовления стереотипных отпечатков

1

Примечание. Ввод исходных

данных осуществляется управляющими картами 1—4.

Для решения некоторой задачи в аналитическую машины вводятся исходные числа, записанные на цифровые перфокарты. Каждое число занимает один регистр памяти (колонку из десятичных цифровых колес), где оно хранится и используется по требованию. По окружности дисков колес выгравированы цифры от 0 до 9; каждый из дисков, насаженных на общую ось колонки, может совершать независимое вращательное движение. Результат операции также передается в память. Управляющие карты вводят колеса колонки в зацепление с зубчатыми рейками, через которые данное число (записанное на перфокарте или представляющее на колонке промежуточный результат) вводится в память. Одного оборота главного вала достаточно, чтобы установить число на колонке памяти или передать его из памяти к другой части машины.

Действие управляющих карт состоит в подъеме колес выбранных колонок таким образом, чтобы они были уравнены с зубчатыми рейками и введены в зацепление. При этом каждое колесо передвигается на число зубьев, соответствующее разряду числа. Для записи знака числа используется самое верхнее колесо в колонке. Промежуточные результаты вычислений фиксируются на колонках, которые в начале расчета устанавливаются на нуле. Каждой колонке памяти дается отдельная управляющая карта.

Генри Бэбидж впоследствии писал: «Следует отметить, что машина разработана для целей анализа, и применение аналитической машины для подсчета арифметических сумм равносильно использованию парового молота для битья орехов» или, говоря словами Лейбница: «Она сделана не для торговцев, а для обсерваторий и вычислителей» [85А с. 333].

Бэбидж считал, что аналитическая машина должна выполнять арифметические операции независимо от величины чисел, над которыми производятся операции; кроме того, она должна управлять комбинациями алгебраических символов вне зависимости от их количества, а также длины той последовательности операций, в которых они участвуют.

Из этих основных принципов Бэбидж сформулировал ряд следствий, которые на первый взгляд выглядели неправдоподобными. Он считал, что количество цифр в каждом числе, а также количество чисел, вводимых в машину, может быть неограничено; количество операций, которые могут производиться в любом порядке, может повторяться неограниченное число раз. Также может быть неограниченным число констант, переменных и функций, с которыми

производятся различные операции.

Бэбидж понимал, что возможность осуществления этих принципов будет оспариваться многими, как с теоретической точки зрения, так и с точки зрения воплощения их в механической конструкции. Поэтому он приводит ряд интересных и тонких доказательств.

Бэбидж говорит, что машина, занимающая неограниченное пространство, удовлетворила бы всем выдвинутым требованиям. Но такую машину создать нельзя. Однако машину можно использовать неограниченное время.

И далее Бэбидж отмечает: «Замена бесконечности пространства бесконечностью времени позволила ограничить размер машины при сохранении ее неограниченной производительности» [85, с. 60].

Рассмотрим вслед за Бэбиджем на примере арифметических действий, как он предполагал осуществить свои идеи.

Одной из характеристик вычислительной машины является длина (количество разрядов) чисел, с которыми она может производить операции. В качестве стандарта для аналитической машины было выбрано число в пятьдесят разрядов. Бэбидж оказался прав, когда считал, что пройдет достаточно много времени, прежде чем требования науки превысят этот предел. Только в середине 50-х годов XX в. при решении некоторых задач возникла необходимость оперировать числами с большим количеством знаков.

Бэбидж отмечал, что сложение и вычитание чисел в машине должно быть одинаково быстрым независимо от количества разрядов в слагаемых. Приумножении разрядность чисел влияет на время выполнения операции. Например, необходимо перемножить два числа: $a10^{50} + b$ и $c10^{50} + d$, каждое из которых состоит менее чем из ста разрядов, но более чем из пятидесяти. Непосредственно перемножить их в машине, которая оперирует только с числами до пятидесяти разрядов, нельзя. Произведение этих двух чисел будет: $ac10^{100} + (ad + bc)10^{50} + bd$.

Это выражение содержит четыре пары сомножителей (ac, ad, be, bd), каждый из которых состоит менее чем из пятидесяти разрядов. Поэтому такое умножение может быть выполнено в машине. Однако время умножения на машине двух чисел, каждое из которых содержит от пятидесяти до ста разрядов, будет приблизительно в четыре раза больше, чем для двух чисел длиной менее пятидесяти разрядов.

Рассуждая аналогично, Бэбидж доказал, что если количество цифр каждого сомножителя находится между ста и ста

пятьюдесятью разрядами, время, требуемое для выполнения операции, будет приблизительно в девять раз больше, чем для пары сомножителей, имеющих до пятидесяти цифр. Бэбидж пришел к выводу, что если количество разрядов в числах возрастает в n раз, то время выполнения умножения чисел возрастает в n^2 раз. Таким образом, утверждение Бэбиджа о возможности операций с неограниченно большими числами в принципе осуществимо.

Следующий вопрос, который рассматривает Бэбидж, касается условия использования машины, как устройства, содержащего неограниченное число постоянных. Уже отмечалось, что табличные величины могут быть нанесены на перфокарты. В результате массив цифровых карт, получаемых и расставляемых самой машиной, может быть размещен в одном из ее устройств. Перфокарты могут вызываться самой машиной в том порядке, в котором они расположены. Машина может направить их для использования в соответствии с необходимой операцией. Следовательноˆ условие, что неограниченное число постоянных может быть введено в машину в неограниченное время также выполняется.

Бэбидж полагал, что разработанная им машина должна хранить тысячу чисел, считая это более чем достаточным. Но если бы потребовалось хранить в десять или в сто раз больше чисел, то в принципе это возможно, поскольку структура машины достаточно проста.

Далее Бэбидж рассматривает возможность неограниченного повторения четырех действий арифметики. Она вытекает из того, что четыре перфокарты операций, пробитые определенным образом, обеспечивают выполнение четырех правил арифметики. Эти карты могут соединяться в любом количестве и в том порядке, в котором необходимо выполнить действие. Очевидно, что порядок следования различных арифметических действий может варьироваться неограниченно.

Бэбидж приходит к выводу, что условия, которые требуются для выполнения расчетов, число операций в которых не ограничено, могут быть реализованы в аналитической машине. «Способы, которые я применил, — писал Бэбидж, — однородны. Я преобразовал бесконечность пространства, которая требовалась по условиям задачи, в бесконечность времени» [85, с. 63]. Разумеется, вывод Бэбиджа относительно возможностей аналитической машины имел сугубо теоретический характер («бесконечность времени» с практической точки зрения не имеет преимуществ перед «бесконечностью пространства»). Даже наиболее производительные современные ЭВМ не в состоянии

решать многие задачи из-за ограничений по емкости памяти и быстродействию. Вывод Бэбиджа представляет существенный интерес в другом отношении. Бэбидж показал принципиальную возможность решения с помощью вычислительной машины любой задачи (если это решение может быть достигнуто с цомощыо арифметических операций).

Элементы конструкции машины

В детальном описании аналитической машины в статье Генри Бэбиджа [80] большое внимание уделено принципу зацепления, позволившему обеспечить сравнительно простое выполнение операций.

Он пишет, что первое преимущество аналитической машины состоит в использовании перфокарт, вторая «наиболее замечательная черта конструкции машины связана с принципом зацепления» [85, с. 334]. Сам Ч. Бэбидж считал механизм зацепления «наиболее выдающейся частью машины» [85, с. 53]. Это устройство дало возможность обходиться в различных случаях механически простой комбинацией рычагов, которая обеспечивала соединение и разъединение привода с любой желаемой колонкой в процессе выполнения команд программы.

Г. Бэбидж приводит пример реализации одной схемы, которую теперь мы назвали бы логической схемой совпадения.

Предположим, необходимо обеспечить некоторую логическую комбинацию (например, совпадение десяти различных «событий») [1 Событие (в общем случае логическое понятие) в машине Бэбиджа идентифицируется с проведением определенных операций.], которую можно осуществить механическим путем. При этом каждое событие должно быть представлено рычагом, поворачивающимся на своей оси и имеющим на конце блок, который держится свободно и может перемещаться вертикально независимо от несущего его рычага.

Теперь допустим, что каждый из этих рычагов по прошествии «события», которое он представляет, поставлен в такое положение, что все блоки находятся на одной вертикальной линии; тогда, если блок на самом низшем рычаге был поднят, то должны быть подняты все девять блоков вместе, а верхняя часть одного из них может быть, например, соединена со звонком. Однако, если хотя бы одно из десяти «событий» не произошло, его блок должен выйти из общего зацепления, и нижний блок должен сделать холостой ход; тогда звонка не будет.

Представленная схема совпадения соответствует, к примеру, возможности одновременного переноса во всех, где необходимо, разрядах числа после того, как полностью закончено (все «события» произошли) поразрядное сложение без переноса.

В аналитической машине, состоящей из многих отдельных цепочек движения, из которых только несколько в определенный момент времени находятся в действии, применение «принципа зацепления» весьма эффективно. Он помогает реализовать также другой важный принцип, а именно разбиение каждой цепочки движений, насколько это возможно, на короткие участки, последний из которых дает возможность осуществлять простое управление при очередном вводе механизма в работу с учетом наличия движущей силы. Очевидно, тяга при этом находится в несвязанном состоянии с другими деталями и затем может быть восстановлена любой из управляющих карт.

При сложении чисел в автоматической машине они передаются вначале из памяти в арифметическое устройство. Уменьшение числа до нуля на одной колонке заставляет поворачиваться другую на такую же величину: таким образом происходит сложение чисел на обеих колонках. Если предположить, что на каждом колесе укреплен диск с цифрами от 0 до 9 и перед колонкой имеется экран с окном для каждого диска, то во время процесса сложения цифры по одному будут проходить перед окном до тех пор, пока не получится сумма; таким образом, если 5 складывается с 7, то последовательность цифр в окне будет соответствовать 8, 9, 0, 1 и затем 2. В момент, когда 9 переходит в 0, будет сдвинут рычаг, означающий необходимость записи переноса к старшему разряду; сам перенос производится впоследствии.

В арифметическом устройстве для ускорения вычисления Бэбиджем был предложен и введен в машину механизм, названный им механизмом предварительного переноса. Бэбидж считал его одной из наиболее важных частей аналитической машины и нарисовал около 30 различных вариантов его конструкций. В настоящее время ясно, что эта составная часть машины отнюдь не одна из главных. Но устройство имеет действительно большое значение, так как в случае последовательного переноса, если он, например, имеет место во всех 50 разрядах числа, время, затрачиваемое на эту операцию, может намного превышать время основного цикла — сложения. С помощью же механизма предварительного (фактически — параллельного) переноса время цикла сложения разбивается следующим образом: 90% на чистое сложение и 10% — на перенос.

При сложении двух чисел переносы' могут происходить в любом месте, за исключением последнего; когда колесо переходит от 9 к 0, перенос возникает непосредственно. Если в числе имеется последовательность девяток, то перенос должен осуществляться во всех этих разрядах. Большое количество комбинаций при переносе обеспечивается механически принципом зацепления.

В машине имеется серия блоков для каждого разряда числа, причем нижний блок предназначается для применения в различных случаях. Верхний блок имеет выступающий рычаг, который при движении по окружности зацепляет зубчатое колесо и передвигает его на один зуб, воздействуя также на цифровой диск. Рычаг связан с нижним блоком, который передвигает его вверх и вниз. После того, как сложение окончено, в нужном месте должен произойти перенос, и рычаг признака сдвигается в сторону; это осуществляется (при управлении от главного вала) воздействием на нижний блок и через него на механизм зацепления; когда рычаг поднимается (снова при движении от главного вала), он поднимает также верхний блок, который, таким образом, обеспечивает обычный перенос.

Если в окне появляется цифра 9, рычаг признака не может быть сдвинут в сторону, но в каждом разряде, где есть девятка, другой рычаг движением от главного вала приводится в действие, вводя нижний блок в зацепление для переноса. После этого все переносы происходят одновременно. Детали механизма для предварительного переноса у Бэбиджа были хорошо проработаны для чисел до двадцати девяти разрядов.

При работе с большим количеством разрядов чисел экономия времени при использовании системы переноса становится весьма значительной, особенно с учетом того, что умножение обычно производится как последовательное сложение. Был придуман и нарисован также другой план системы переноса. Очевидно, что при многих последовательных переносах нет необходимости делать переносы непосредственно после каждого сложения. Операции сложения могут быть выполнены одно после другого и переносы запоминаются или даже производятся на отдельном колесе в каждом месте, когда они появляются; все они могут быть сделаны впоследствии, что дает весьма значительную экояомию времени. Такое суммирование (с накопленным переносом) было тщательно разработано Бэбиджем.

При сложении двух или более чисел на колонках может не остаться места для записи результатов суммы. Это происходит от недосмотра при подготовке или обработке карт, или когда расчет при решении математических проблем требует записи,

превышающей возможности машины. В любом случае машина на это реагирует звуковым сигналом и останавливается.

Операция сложения в аналитической машине должна выполняться за один оборот главной оси, прерывистые периодические движения производятся эксцентриками на главной оси. Эксцентрики представляют из себя плоские диски с выступающими частями, действующими на рычаги с роликами на конце. Каждый эксцентрик должен быть двойным, т. е. иметь два ушка, причем выступ на одном соответствует впадине на другом. Такие эксцентрики довольно легко выполняются, устанавливаются и регулируются. Для выполнения операций сложения достаточно установить шесть-семь штук. На рис. 4 показан такой эксцентрик вместе с механизмом зацепления.

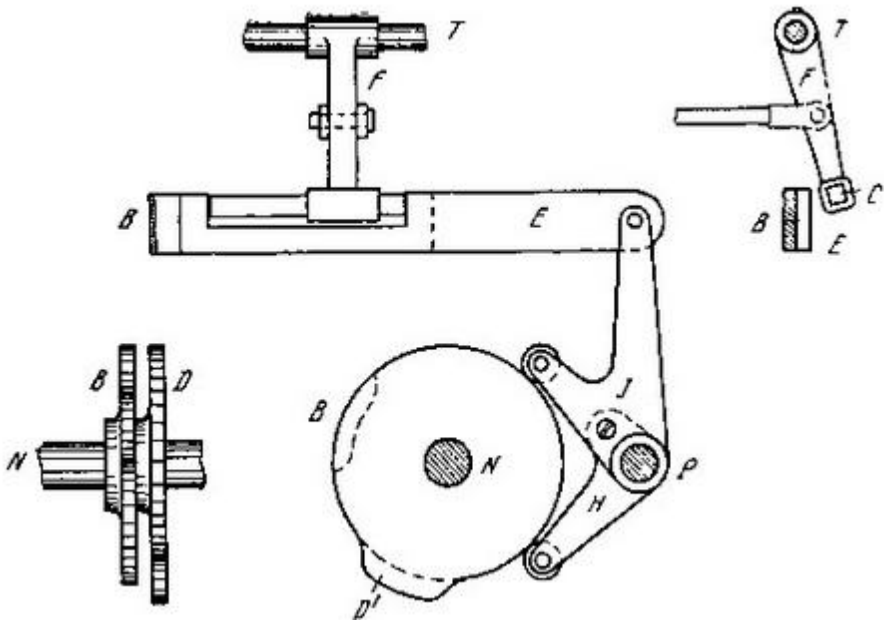


Рис. 4. Механизм зацепления аналитической машины

Выполнение операций на аналитической машине

В центре внимания Бэбиджа при конструировании аналитической машины находились вопросы, связанные с выполнением операций в арифметическом устройстве.

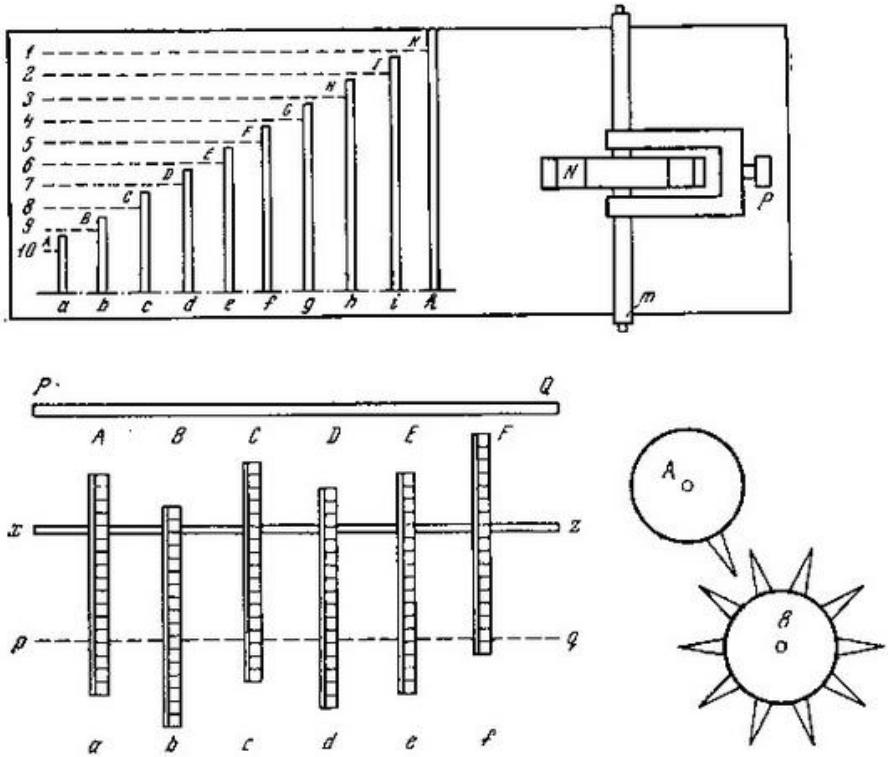


Рис. 5. Схема выполнения операции сложения в аналитической машине

Особенно много внимания, как отмечалось выше, было уделено ускорению операции сложения. В аналитической машине сложение является основной (базовой) операцией, поскольку механизм, сконструированный для ее эффективного выполнения позволял (при сравнительно простой модификации) осуществлять другие операции.

Конструктивно суммирование двух чисел выполняется в арифметическом устройстве следующим образом. Представим себе десять ребер переменной длины от А а до Кк, размещенных на пластине (рис. 5, верхний). Вилка Р входит в зацепление с колесом N по оси m квадратного сечения. Если вилка Р находится, например, напротив цифры 6, а колесо, вращаясь, свободно перемещается вдоль пластины, то оно повернется на расстояние, соответствующее шести зубцам, а его движение передается механизму счетного устройства.

Одно число может быть сложено с любой суммой, уже подсчитанной в машине, соответствующим расположением ребер Аа, Bb и т. д. (рис. 5, слева внизу). Когда пластина PQ передвигается вниз к закрепленной пластине xz с отверстиями

для ребер, цилиндрические прямозубные колеса (на рисунке не показаны) на оси pq поворачиваются на число зубьев, зависящих от положения ребер. Если колеса на pq находятся в состоянии, соответствующем, например, числу 543243, а ребра расположены (как на рисунке) в положении суммирования числа 314236, то новая сумма будет 857479. Перенос при этом может осуществляться путем прерывистого движения шестерен (внизу справа на рисунке), среди которых шестерня B будет перемещаться на 1/10 оборота при каждом обороте однозубого колеса A.

Вычитание в машине обеспечивается введением дополнительной шестерни, которая осуществляет реверс (обратный поворот) цифровых дисков: при этом, проходя перед окошком, цифры последовательно уменьшаются, и всякий раз, когда 0 проходит и появляется 9, происходит перенос. При вычитании производятся те же самые операции и используется тот же самый принцип зацепления. Таким образом, один и тот же механизм служит для сложения и вычитания; смена операций производится перемещением одного рычага.

Следует отметить, что при вычитании большего числа из меньшего должно быть сделано указание о месте нахождения высшего разряда. Это необходимо для переноса к месту слева от высшего разряда числа и в тех случаях, когда нужно пройти через ноль; если такое указание не было сделано, раздается звонок и машина останавливается.

Для аналитической машины было разработано и нарисовано несколько вариантов выполнения операции умножения. Один из них относится к умножению многоразрядных чисел с помощью последовательных сложений. Для машины этот метод был подробно разработан, причем был подготовлен ряд чертежей, поясняющих действие механизмов.

При перемножении двух чисел, каждое из которых с любым числом знаков от одного до тридцати, необходимо для экономии времени установить, какой из сомножителей имеет меньшее число значащих цифр. Для этого были разработаны специальные механизмы, названные цифровыми счетными устройствами. Меньшее из двух чисел становится множителем. Оба числа вводятся в арифметическое устройство и размещаются на соответствующих колонках. При выполнении умножения способом последовательных сложений цифры множителя соответственно уменьшаются до нуля; во время проведения операции для любой одной цифры множителя эксцентрик на его колесе выталкивает рычаг, который разрывает связь и систему зацепления для сложения, происходит просто ход; при этом

следующий оборот главной оси связан с ходом вместо сложения; затем связи восстанавливаются, и последовательные сложения продолжаются.

Умножение должно обычно производиться от высшего разряда к низшему. Произведение^ обычно содержит накопленную ошибку вследствие округления цифр в каждом числе, с которым продолжают работать. Если тем не менее при записи числа последовательных сложений, которые в конце умножения должны давать сумму всех цифр множителя, известна максимально возможная ошибка, то при необходимости иметь точный результат должна быть проведена коррекция. Например, машина может быть использована для деления пополам некоторого числа и сложения этой величины с последними цифрами результата, где бы он ни был округлен.

Бэбидж разработал несколько вариантов выполнения операций деления на машине, в том числе при помощи таблиц. Все разработки сопровождались теоретическими расчетами и рисунками. Наиболее эффективным оказался метод последовательного вычитания: делитель и делимое вводятся в счетное устройство, затем производится последовательное вычитание, число вычитаний записывается.

Бэбидж впервые предложил идею программного управления ходом вычислений. В связи с этим самой важной характеристикой аналитической машины, которую не оценил сам ученый, стала возможность выполнения команды, получившая в настоящее время название команды условного перехода.

[1 Математически условный переход представляет собой операцию вида:

$A = A_m$ при $\omega = 1$

и $A_i + 1$ при $\omega = 0$,

где A_i — адрес команды с кодом условного перехода, хранящийся в счетчике команд (СК); A_m — адресная часть команды, находящаяся в регистре команд (РК); ω — признак результата предыдущей операции. При $\omega = 0$ происходит увеличение содержимого СК на единицу и переход к следующей команде, при $\omega = 1$ — засылка в СК адреса команды, находящейся в РК, и переход к требуемой части программы.]

Суть ее заключается в следующем: при Программировании математику нет необходимости знать, на какой ступени расчета изменится признак, который оказывает влияние на выбор хода расчета. Математик инструктирует машину, которая самостоятельно выбирает, по какому пути идти в случае появления определенного или нескольких признаков; программу можно составить совершенно различными способами:

предусмотреть ее продолжение, перейти к другой части, пропустив ряд инструкций, попеременно переходить к разным частям программы и т. д.

Например, при расчете формулы, состоящей из нескольких членов, машина периодически проверяет необходимость продолжения или окончания расчета в случае, если все члены уравнения уже подсчитаны. В зависимости от промежуточного результата машина самостоятельно выбирает необходимый путь. Такой переход, так называемый условный переход (в соответствии с условием), произойдет в некоторый момент, который не интересует математика; машина определит его сама.

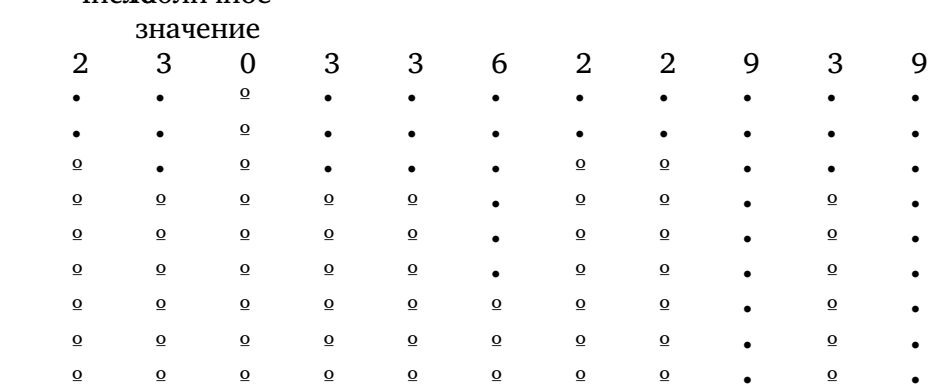
Введение операции условного перехода знаменовало собой начало замены логических, а не только вычислительных, возможностей человека машинами. С кодом условного перехода в вычислительных машинах связан и принцип обратной связи. Информационная обратная связь осуществляется между арифметическим устройством и устройством управления: изменение результата в арифметическом устройстве обуславливает выбор устройством управления той или иной команды для дальнейшего выполнения. Рассмотрим простой пример. Необходимо выбрать из двух чисел большее и продолжать с ним работать дальше. Числа должны быть помещены в двух колонках памяти, заранее подготовленных для их принятия; для этого перфокарты должны быть поставлены так, чтобы числа вычитались друг из друга. В одном случае должен получиться остаток, в другом — перенос, связанный с движением рычага. При переносе рычаг перемещается в самое высокое положение, соответствующее отрицательному результату, что в свою очередь позволяет ввести в работу массив предварительно подготовленных карт.

Для вывода данных из аналитической машины предусматривалось использование перфокарт. Кроме того, машина должна была печатать на бумаге конечные и промежуточные результаты, по желанию вычислителя, в одном или в двух экземплярах. Г. Бэбидж писал, что печатание было совершенно необходимым требованием, без выполнения которого вычислительную машину нельзя было применять для научных целей. Постоянная опасность ошибок при переписывании чисел делала сомнительным получение точных результатов без применения печатающих устройств. С помощью механизма, предложенного Бэбиджем, машина должна набирать цифры или буквы и печатать результаты расчета или таблицы чисел.

Бэбидж предлагал также создать механизм для перфорирования цифровых результатов на бланке или

металлических пластинках. Для хранения информации в памяти ученый собирался использовать не только перфокарты, но и металлические диски, которые будут поворачиваться на оси. Металлические пластинки и металлические диски могут теперь рассматриваться нами как далекие прототипы магнитных карт и магнитных дисков.

Только в одном отношении аналитическая машина не была автоматической. Функции, записанные таблично, должны были быть заранее отперфорированы. Так, например, цифровая карта, входящая в таблицу логарифмов, выглядела следующим образом:



на карте десятичный логарифм числа 2303 (слева) равен 3,622939 (справа), отперфорированные (черные) отверстия соответствуют коду числа.

При необходимости найти величину функции предполагалось, что в соответствующем окошке машины будет показан ее аргумент и прозвенит предупредительный звонок. Работающий на машине должен вставить перфокарту, в которой пробиты значения этого аргумента и функции. И здесь Бэбидж предусмотрел возможность исправления ошибки, если будет вставлена карта с неправильным аргументом. Машина проводит проверку считыванием (эту функцию выполняют и современные цифровые вычислительные машины). Условием дальнейшей работы машины является равная нулю разность двух аргументов; в противном случае карточка отбрасывается, дается звонок, и машина, по выражению Бэбиджа, требует «точной интеллектуальной пищи».

Предвосхищая будущее вычислительных машин, Бэбидж писал: «Кажется наиболее вероятным, что она (аналитическая машина. — Авт.) рассчитывает гораздо быстрее по соответствующим формулам, чем пользуясь своими же собственными таблицами» [85, с. 59]. И действительно, в современных вычислительных машинах существует обширная

библиотека стандартных подпрограмм, с помощью которой рассчитываются функции различной степени сложности. Интересно, что термин «библиотека» для данного применения также был впервые употреблен Чарльзом Бэбиджем.

По результатам разработки аналитической машины было сделано свыше 200 весьма подробных, выполненных в масштабе, чертежей машины и ее отдельных узлов, в общей сложности включающих 50 000 деталей. Некоторые из этих чертежей были выгравированы на деревянных досках, и с них по методу, предложенному Бэбиджем, были сделаны оттиски. Среди этих оттисков, получивших некоторое распространение, отметим следующие: план зацепления цифровых колес для выполнения операции сложения; разрез колес и осей; разрез корпуса машины; узел сложения; план механизма переноса десятков; часть разреза блока предварительного переноса и другие. Все эти рисунки были выполнены в середине 30-х годов. В 1840 г. Бэбидж составил один из наиболее общих планов (№ 25) аналитической машины, который был литографирован (рис. 5 [53]). На этой литографии стоит дата 6 августа 1840 г. С чертежами аналитической машины Бэбидж ознакомил ученых Великобритании и других стран.

Большое число всевозможных вариантов чертежей с трудом позволяет установить, какая комбинация узлов может быть признана наилучшей. К отдельным частям машины было написано свыше четырехсот замечаний.

В процессе конструирования машины Бэбидж разработал систему изображений механических величин [29] и внес усовершенствование в методы обработки металлов [56].

Конструкция аналитической машины была описана в статье Менабреа [79], позднее — в работе Генри Бэбиджа [80]. Теоретические возможности машины наиболее полно раскрыты в примечаниях Лавлейс к переводу статьи Менабреа.

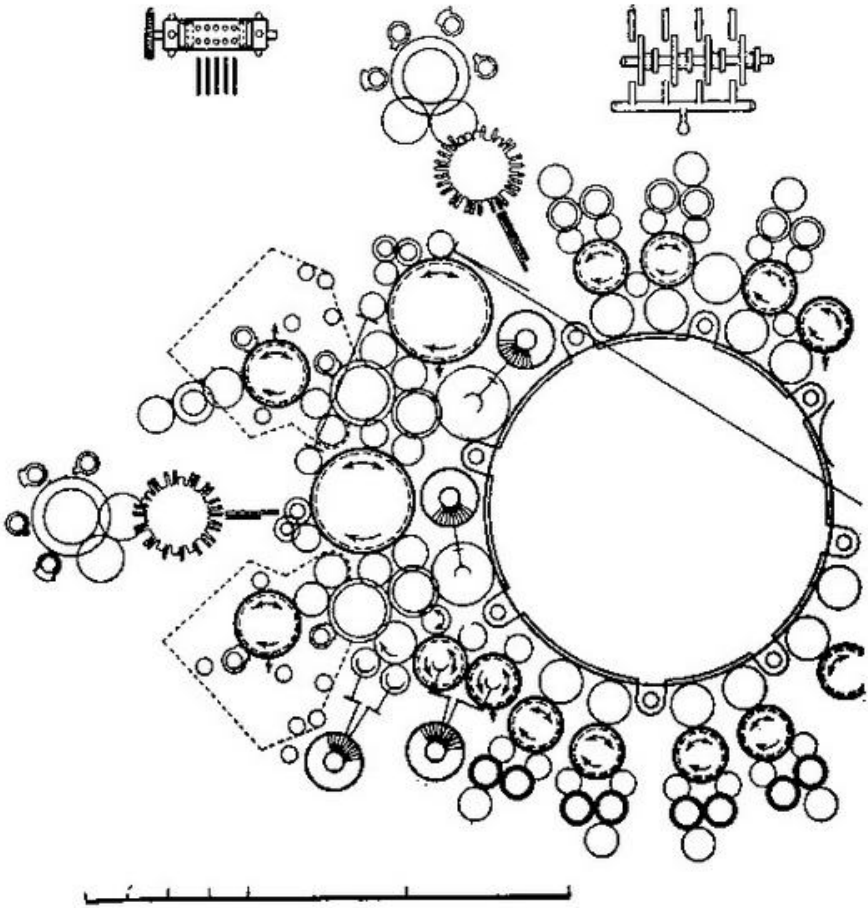


Рис. 6. Общий план аналитической машины (рисунок Ч. Бэбиджа, 1840 г.)

Возможности аналитической машины в «Примечаниях переводчика» А. Лавлейс.

В примечании А Лавлейс сравнивает две машины — разностную и аналитическую. Она отмечает, что вычислительные машины представляют собой совершенно новую область науки и техники и много внимания уделяет выработке соответствующей терминологии. Лавлейс указывает, что аналитическая машина может работать не только с числами: «Предположим, например, что основные соотношения о высоте звуков в науке о гармонии и музыкальной композиции достигли бы большой выразительности и поддавались бы такой обработке, что машина смогла бы соединять искусно написанные музыкальные отрывки любой

степени сложности или длины» [85, с. 249].

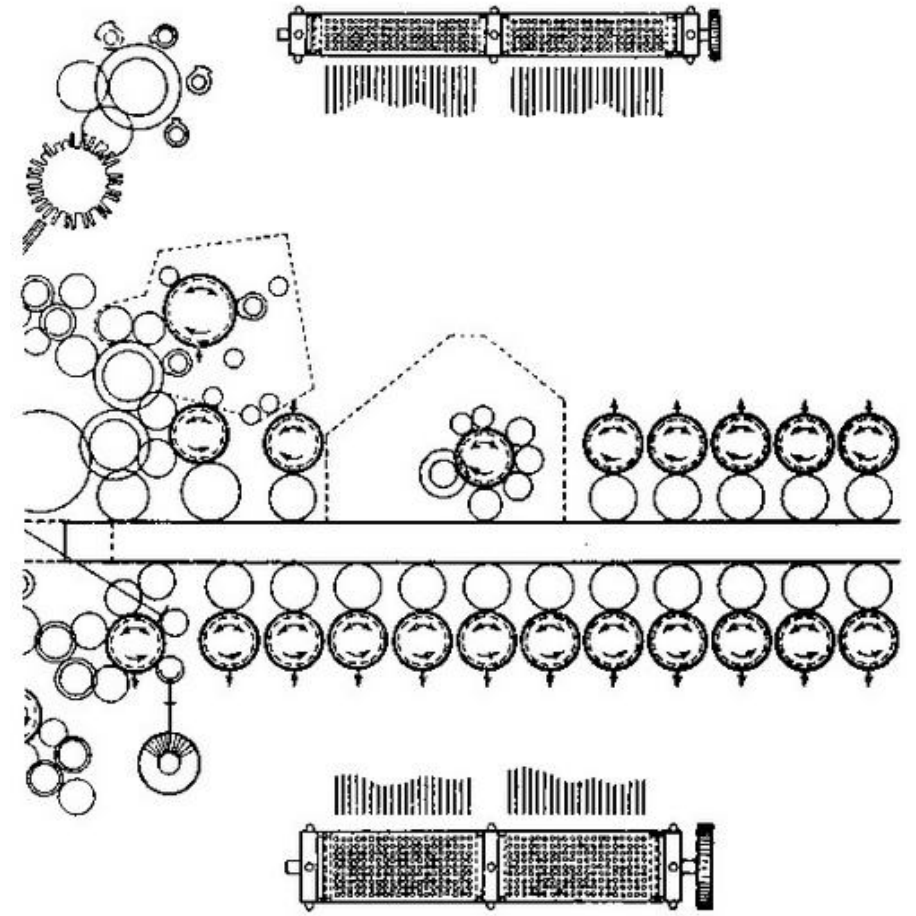


Рис. 6 (продолжение).

В основном же примечание А относится к сравнительной оценке двух машин. Лавлейс пишет, что аналитическая машина по отношению к разностной играет такую же роль, какую играет анализ по отношению к арифметике. Разностная машина могла выполнять только сложение: при работе на ней другие действия арифметики сводились к серии сложений. Аналитическая же машина могла выполнять все четыре действия арифметики непосредственно. Разностная машина могла производить только табулирование, аналитическая же машина много различных операций.

«Фактически аналитическая машина может быть описана как материальное выражение функции любой степени общности и сложности как, например,

F(X, У, Z; log X, sin Y, Xp...),

которая, в свою очередь, является функцией многих других

функций любого числа переменных. Нет конца демаркационной линии, ограничивающей возможности аналитической машины. Фактически аналитическую машину можно рассматривать как материальное и механическое выражение анализа. Она позволяет осуществить полное управление при выполнении действий над алгебраическими и цифровыми символами» [85, с. 245].

Интересно замечание Лавлейс о роли математики: она отмечала, что математика является не только обширным набором абстрактных и непреложных истин с присущей ей красотой, симметрией и законченностью, но это единственный язык, «с помощью которого мы можем одинаково выражать всеобъемлющие факты натурального мира» [85, с. 256].

Лавлейс очень высоко оценивала значение перфокарт. «Принцип, который Жаккар разработал для получения посредством перфокарт наиболее сложных рисунков при производстве парчовых материй, позволил сделать аналитическую машину устройством для реализации принципов абстрактной алгебры» и далее она образно описала назначение перфокарт: «Карты только указывают сущность операций, которые должны быть совершены, и адреса переменных, на которые эти действия направлены. Можно сказать достаточно точно, что аналитическая машина ткет алгебраические узоры, как ткацкий станок Жаккара — цветы и листья» [85, с. 252].

В примечании B Лавлейс рассматривает запоминающее устройство («склад») аналитической машины и предлагает систему графического обозначения данных, содержащихся в регистре памяти. Например, кружок предлагается для записи в нем знака числа, квадрат — для записи символа переменной, значение которой хранится в регистре и т. д.

В примечании C Лавлейс рассматривает способ возврата одиночной перфокарты или группы перфокарт с целью их повторного использования любое число раз.

Повторное использование перфокарт при решении некоторой задачи имеет существенное значение, поскольку нередко возникает необходимость в многократном повторении той или иной последовательности операций.

Примечание D представляет существенный интерес для истории вычислительных машин. Здесь впервые дана программа машинного решения задачи (решение системы двух линейных уравнений с двумя неизвестными). Программа записана в виде таблицы, причем в одном случае (операция записи суммы двух слагаемых в ячейку, ранее занятую одним из слагаемых) Лавлейс пользуется символикой, характерной для современного программирования. В примечании D впервые применен

распространенный в настоящее время термин «рабочая ячейка» для обозначения регистра памяти.

В примечании Е Лавлейс уточняет и развивает соображения Менабреа о возможности расчета на аналитической машине функций вида: $(a + bx)\ (A + B \cos x)$.

Менабреа писал, что аналитическая машина приспособлена не только для производства расчетов с числами, она может производить операции и с аналитическими выражениями. При этом на одной колонке машины могут быть размещены как коэффициенты при функциях, так и сами функции, например, коэффициенты — в нижней части колонки, а функции — в верхней. При таком расположении можно проводить расчеты только с коэффициентами, не видоизменяя функции.

Далее Лавлейс приводит более сложный и более общий пример — вычисление тригонометрической функции. Лавлейс считает, что тригонометрические ряды не только удобны для иллюстрации работы машины, но представляют, прежде всего, практический интерес. Рассматривая возможности машины получать численные результаты при работе с аналитическими выражениями, Лавлейс приходит к следующим выводам:

1. Машина может рассчитывать численное значение всей формулы.

2. Можно рассчитать численные значения каждого члена формулы или ряда и хранить эти результаты раздельно. Для этого машина должна иметь достаточное число устройств.

3. Можно рассчитывать численные значения отдельных элементов каждого члена (формулы) и хранить все результаты раздельно. Можно, например, потребовать рассчитать каждый коэффициент отдельно от своей переменной, тогда в некоторых случаях машина должна иметь регистры с двумя результатами для каждого члена, содержащими как переменную, так и коэффициент.

«Итак, — отмечает Лавлейс, — существует много путей для получения численных значений различных частей алгебраической формулы, и это существенно при алгебраическом характере аналитической машины. Многие лица, недостаточно знакомые с математикой, считают, что роль машины сводится к получению результатов в цифровой форме, а природа самой обработки данных должна быть арифметической и цифровой более чем алгебраической и аналитической. Это заблуждение. Машина может обрабатывать и объединять цифровые величины точно так, как если бы они были буквами или любыми другими символами общего характера, и фактически она может выдать результаты в алгебраической форме. . . Она может выдавать результаты трех

видов: символические результаты, . . численные результаты. . . и алгебраические в буквенных обозначениях» [85, с. 273].

Таким образом Лавлейс показывает, что возможности аналитической машины выходят за пределы выполнения вычислительных операций и представляют более общий научный интерес.

В примечании E Лавлейс впервые вводит понятие цикла операций (т. е. повторяемости группы операций) при машинном решении задач, а также понятия цикла циклов (т. е. кратных циклов). Как известно, оба понятия широко используются в современном программировании.

В примечании F содержится, в частности, интересное замечание Лавлейс о возможностях аналитической машины получить решение такой задачи, которую из-за трудности вычислений практически невозможно решить вручную. Новизна мысли заключается в том, что машина рассматривается не как устройство, заменяющее человека, а как устройство, способное выполнить работу, превышающую практические возможности человека. Заметим, что значение современных ЭВМ для научно-технического прогресса основано именно на том, что они в ряде случаев выполняют работу, которую без ЭВМ выполнить невозможно.

В заключительном примечании G дана программа вычисления чисел Бернулли, в которой Лавлейс продемонстрировала возможности программирования на аналитической машине, рассмотренные в предыдущих примечаниях (циклические операции, циклы в цикле и др.). Таким образом возможность решения сложных задач с помощью аналитической машины была убедительно показана на конкретном примере.

Примечание G интересно и в другом отношении. Ранее Бэбидж писал о возможности выполнения операций математического анализа на машине. При этом он отмечал, что наиболее существенными методами анализа являются дифференциальное и интегральное исчисление, а также комбинаторный анализ Гинденбурга. Хотя существуют и другие методы, но именно эти два важнейших удобнее всего осуществить на машине. Бэбидж иллюстрирует свою мысль задачами, относящимися, например, к теории движения Луны. Рассматривая особенности аналитической машины, Лавлейс приходит к выводу, что расчеты в задачах классического и комбинаторного анализа хорошо подходят для машинной обработки.

Широкую известность получило замечание Лавлейс о принципиальных возможностях аналитической машины:

«Аналитическая машина не претендует на то, чтобы создавать что-то действительно новое. Машина может выполнить все то, что мы умеем ей предписать. Она может следовать анализу, но она не может предугадать какие-либо аналитические зависимости или истины. Функции машины заключаются в том, чтобы помочь нам получить то, с чем мы уже знакомы» [85, с. 284]. Это замечание Лавлейс было рассмотрено А. Тьюрингом в его знаменитой работе «Может ли машина мыслить?» (раздел «Возражения леди Лавлейс») [101]. На наш взгляд, важно отметить, что, во-первых, представления Лавлейс о принципиальных возможностях аналитической машины вполне обоснованы (базируются на характеристиках именно этой машины) и, во-вторых, нет достаточных оснований оценивать замечание Лавлейс как верное (или неверное) применительно к современным ЭВМ, особенно, перспективам их эволюции. Дело в том, что качественный скачок в развитии вычислительной техники и программирования, связанный с прогрессом в области ЭВМ, требует иных подходов и критериев.

Как было показано выше, круг вопросов, рассмотренных в «Примечаниях» Лавлейс, весьма широк. Хотя Бэбидж написал свыше 70 книг и статей по различным вопросам, а также составил большее число неопубликованных описаний аналитической машины, но полного и доступного описания и, главное, анализа возможностей машины для решения различных задач он так и не сделал. Бэбидж говорил, что слишком занят разработкой машины, чтобы уделять время ее описанию. Работа Лавлейс не только заполнила этот пробел, но и содержала глубокий анализ особенностей аналитической машины. Важный итог работы Лавлейс заключается в создании основ программирования на универсальных цифровых вычислительных машинах.

Усвоив идеи Бэбиджа и обладая глубокими познаниями в математике, А. Лавлейс с большой энергией проповедует эти идеи, стремясь сделать их широко известными и понятными, стараясь заинтересовать ученых работами Бэбиджа; для этого она использует свои обширные связи и знакомства. Наряду с этим она разрабатывает некоторые чертежи для машины Бэбиджа и исследует вопросы, связанные с применением в машине двоичной системы счисления.

Прекрасный популяризатор идей Бэбиджа Лавлейс настолько хорошо понимала его работу, что описала принципы действия аналитической машины с четкостью, которой не ожидал сам Бэбидж. Он неоднократно повторял, что представления Лавлейс о его работе были яснее, чем его собственные, и даже отмечал, что А. Лавлейс исправила ошибки в его анализе расчета чисел

Бернулли.

Мы уже подчеркивали, что она сама высказала ряд идей, получивших широкое применение только в настоящее время. Своими разработками и мыслями А. Лавлейс оказывала влияние и на Бэбиджа.

Глава шестая
Штрихи к характеристике личности

С 1832 г. (после завершения работы над книгой «Экономика машин и производства») и до последних дней жизни, т. е. в течение 38 лет, основные научные интересы Бэбиджа были связаны с вычислительной техникой.

Ё то же время он занимается исследованиями в различных областях, выдвигает гипотезы, предлагает различные изобретения и т. д. По универсальности научных интересов, охватывающих такие области как математика и философия, механика и экономика, геология и социальные вопросы, Бэбидж ближе к ученым Возрождения, чем к своим современникам.

В 1837 г. Бэбидж издает «Девятый трактат Бриджуота», в котором нашли отражение его представления о взаимоотношениях науки и религии, а также рассмотрен ряд математических вопросов. Бриджуот оставил наследство, которое завещал использовать для издания работ под общим названием: «О власти, мудрости и доброте бога, проявляющихся при созидании». Эти работы должны были доказывать пользу и преимущества истинной религии. Было издано восемь трактатов. Бэбидж решил издать девятый трактат на собственные средства.

Бэбидж в своих рассуждениях пытался сгладить противоречия между наукой и религией, считая, что они дополняют друг друга. Он полагал, что преследование или недостаточное внимание к развитию науки и, в частности, математики, сказывается неблагоприятно и на религии. Но при этом «он думал о боге, как о программисте» — сказал о нем Боуден [1 Б. Боуден — в 50-е годы XX в. директор Манчестерского колледжа науки п техники, специалист в области вычислительной техники.] [103].

Бэбидж рассматривал возможность получения числовых последовательностей, у которых первые сто миллионов членов, например, могут следовать некоторому определенному закону, несколько следующих чисел — нарушить его, остальная же часть последовательности — продолжать согласовываться с первоначальным законом. Он описал схему программирования на счетной машине с целью получения таких последовательностей.

К этому трактату Бэбидж написал Приложение «Замечание об аргументе Хьюма относительно чудес», в котором подсчитывает вероятность чудес, исходя из свидетельских показаний; учитывает как количество свидетелей, так и вероятность того, что они говорят правду. Фактически здесь Бэбидж подсчитывает

вероятность принятия гипотезы, если она неверна, и отклонения, когда она верна.

В процессе работы над вычислительными машинами у Бэбиджа, естественно, возрос интерес к самым разнообразным автоматам. Изучая их, он пришел к выводу, что механические автоматы не могут быть использованы для достаточно сложной игры, в то время как устройство такой машины, как аналитическая, хорошо удовлетворяет даже требованиям шахматной игры. Однако, придя к такому выводу, Бэбидж решил все же провести опыт и разработать автомат для простой игры в крестики-нолики [1 Условия этой довольно известной игры таковы. Доска (лист бумаги) разделена на 9 квадратиков (3х3). Из двух играющих один отмечает поочередно в этих квадратиках крестики, другой — нолики. Цель игры состоит в том, чтобы первым поставить три своих значка на одну линию.].

В книге «Страницы из жизни философа» Бэбидж описывает свою работу над автоматом.

Вначале Бэбидж установил число комбинаций при всех возможных ходах и ситуациях, которое оказалось сравнительно небольшим. Поэтому механизм автомата легко было представить. После изготовления механической части Бэбидж решил придать автомату следующий вид: он должен был состоять из фигурок двух детей, играющих друг против друга. Рядом с ними находился ягненок и петух. Когда один ребенок выигрывает, он хлопает в ладоши, а петух кричит: ку—ка—ре—ку! Проигравший ребенок плачет и сжимает свои ладони, а ягненок начинает блеять.

«Затем я продолжал делать наброски различных механических средств, с помощью которых каждое действие могло быть произведено. Эти средства были значительно проще по сравнению с теми, которые разрабатывались для аналитической машины. Однако появилась трудность другого рода. В объяснениях работы аналитической машины я отмечал, что бывают случаи (в зависимости от определенных условий), когда сама машина должна выбрать один из двух или более направлений расчета. В частности, этот путь становится известным, когда расчеты, от которых зависит выбор, уже проведены.

Новая трудность состояла в том, что могут возникнуть два различных пути, каждый рдинаково приводящий к победе. В этом случае у автомата нет оснований сделать определенный выбор: до выполнения некоторых операций машина будет пытаться осуществлять ходы в противоположных направлениях.

Первое, о чем я подумал, дабы устранить этот недостаток, это

заставить машину запомнить число игр, в которых она победила с начала ее работы. Когда появляются два равно выигрышных направления, называемые, например, А и В, машина должна вспомнить число партий, которые она выиграла. Если число четное, то выбирается путь А, если нечетное — путь В. Если возникают 3 равновозможных сочетания, автомат должен разделить общее число выигранных партий на 3. В этом случае остаток может быть равен 0, 1 или 2, машина соответственно выбирает путь А, В или С. Ясно, что таким образом может быть обеспечено любое число условий» [85, с. 154—155].

В конструкции, разработанной Бэбиджем, нашли отражения представления об автоматах, господствовавшие в XVIII в. (куклы, петух, ягненок), и некоторые вполне современные идеи проектирования вычислительных машин. Если при выполнении определенной задачи в современных машинах встречаются равноценные пути, из которых машина должна выбрать один, то она выбирает путь, зафиксированный каким-нибудь образом. Чаще всего, это просто первый путь, встретившийся машине (он может быть последним, или каким-нибудь другим). Бэбидж решает данный вопрос несколько сложнее. Однако не следует забывать, что он не только решает его, но и впервые ставит. Кроме того, для игры решение Бзбиджа рационально, так как машина в одних и тех же ситуациях делает разные (но равноценные) ходы, что затрудняет игру противника. В современных вычислительных машинах часто используют для разных целей датчик случайных чисел. Механизм выбора пути, предложенный Бэбиджем, является прототипом такого датчика.

Мы уже отмечали, что на постройку своих машин Бэбидж тратил огромные суммы денег, и хотя он был богатым человеком, приток новых средств естественно интересовал его. Так и в этом случае, разработав на основе теоретических принципов автомат для игры в «крестики-нолики», Бэбидж стал думать о возможности восполнения своих затрат с его помощью.

Бэбидж предполагал сделать автомат доступным для игры с каждым желающим. Выработав оптимальную программу для игры автомата, он намеревался всегда находиться в выигрыше. Бэбидж предполагал сделать шесть автоматов и установить их попарно в трех местах. На трех из них происходили бы игры, остальные автоматы должны были быть в резерве на случай трудно устранимой поломки. Но оценив все сложности с изготовлением и эксплуатацией таких устройств, Бэбидж отказался от этой затеи.

Бэбидж сделал ряд практических изобретений в самых различных областях. Он внес несколько предложений по

предотвращению крушений, включая способ отделения сошедшего с рельс поезда от вагонов. После консультаций в 1838 г. с известным механиком Брунелем и другими специалистами Бэбидж в течение нескольких месяцев проводил эксперименты со специальным вагоном (динамометрической тележкой). Он фиксировал графики движения вагона и тщательно их исследовал. Однажды в воскресенье, проводя опыты при очень большой скорости вагона, Бэбидж только случайно избежал столкновения с железнодорожным составом.

Следствием экспериментов явилась рекомендация Бэбиджа использовать широкую колею вместо применявшейся в его время узкой; он предложил также спидометр своей конструкции. В качестве специалиста по железнодорожному движению Бэбидж был приглашен на открытие дороги между Манчестером и Ливерпулем.

Бэбидж разработал систему зажигания и затемнения маяков [61] и послал описание этой системы в двенадцать прибрежных стран. Правительство США ассигновало 5000 долларов для испытания его схемы. Результаты испытаний были опубликованы в 1861 г. с благоприятным отзывом и рекомендациями для использования маяков Управлением маяков Соединенных Штатов.

Бэбидж изготовил чертежи и описал подводное судно, устроенное по принципу погружающегося колокола [67]. Это судно было рассчитано на пребывание в нем четырех человек в течение двух дней. Бэбидж предполагал, что такое судно должно приводиться в движение винтом и может быть использовано для военных целей.

Технические идеи занимали Бэбиджа даже во время театральных представлений. Так, он уходит с оперы «Дон-Жуан» за кулисы, чтобы рассмотреть механизм управления сценой. В другой раз уже во время действия Бэбидж делает наброски о возможностях использования цвета в театре. В дальнейшем он пытается реализовать свои идеи и ставит эксперименты с сосудами, наполненными растворами солей, окрашенных в различный цвет. Бэбидж переносит свои опыты в здание Итальянской оперы и даже придумывает «разноцветный танец» для их демонстрации. Но, боясь возникновения пожара, дирекция вскоре запретила эксперименты. Постепенно Бэбидж потерял интерес к применению цвета в театре.

Бэбиджа интересовали проблемы астрономии и астрофизики. После затмения Солнца в 1851 г. у Бэбиджа возникла идея регистрации солнечной короны для изучения протуберанцев. Исследования в данной области завершились изобретением

коронографа. В XX в. одному из лунных кратеров было присвоено имя Бэбиджа. Основанием для этого послужила его работа «Предположения по поводу физического состояния поверхности Луны».

Бэбидж выдвинул несколько интересных идей,в геофизике и геологии. Он предложил гипотезу образования ледников и гипотезу изотермических поверхностей Земли, в которой была сделана попытка физического объяснения некоторых геологических явлений. В статье, опубликованной в 1837 г., Бэбидж рассмотрел возможность выявления климатических условий прошлого путем исследования и сравнения годичных колец на деревьях еще оставшихся древних лесов [51]. Этот метод был заново открыт и применен в начале XX столетия в США.

В 1854 г. Бэбидж опубликовал две статьи, посвященные шифровке и дешифровке текстов [65, 66].

Одна из последних научных работ Бэбиджа посвящена археологическим вопросам («О сохранившихся предметах ремесла, смешанных с костями вымерших видов животных», 1859 г.).

Социальные взгляды Бэбиджа в целом можно охарактеризовать как ориентированные на грядущее могущество науки, которое принесет счастье человечеству. При этом важнейшую роль он отводил математике, считая, что всем происходящим в мире можно управлять с помощью математических методов. Высоко оценивая возможности применения математики в различных областях исследований, Бэбидж в качестве одной из таких областей, а также важного инструмента социальных преобразований рассматривал статистику. На одном из заседаний Британской ассоциации за прогресс науки, обсуждая демографические данные, собранные в Ирландии, Бэбидж сказал, что «обнаружить принципы, которые будут позволять большинству людей с помощью их общих усилий жить в состоянии физического комфорта, морального и интеллектуального счастья, является единственной целью статистической науки» [85, с. XXIII]. Хотя это высказывание Бэбиджа и весьма наивно, оно интересно тем, что характеризует его представления о гуманистическом назначении науки.

Во многих своих произведениях Бэбидж высказывался за улучшение условий жизни людей, за то, чтобы все были счастливы. Хотя человек, считал Бэбидж, никогда не может быть морально совершенен, он, в результате воспитания и овладения культурой человечества, должен научиться управлять своими инстинктами. Из философов Бэбидж очень высоко ценил Ф. Бэкона, которого считал основателем современной философии.

В конце 40-х годов Бэбидж много внимания уделял публичным выступлениям и написанию статей, в которых часто затрагивал социальные вопросы. Наиболее значительным из таких выступлений была его критика налоговой политики правительства. Он разработал ряд принципов взимания налогов, в соответствии с которыми уменьшались налоги с малоимущих и увеличивались с богатых. Он предложил правительству руководствоваться своим проектом. Выступление Бэбиджа вызвало многочисленные отклики. В частности, он поручил от Ч. Диккенса следующее письмо (от 26 февраля 1848 г.):

«Дорогой сэр, разрешите поблагодарить Вас за Ваш памфлет. Я сознаю, что отношусь к одному из беспокойных ворчунов и сомневаюсь в существовании в настоящем или будущем английского правительства, достаточно сильного, чтобы заставить поверить общество в Ваши налоговые принципы, но я не меньше оцениваю умение, с которым Вы защищаете их. Всегда Ваш Ч. Диккенс» [86, с. 76-77].

Вообще, следует отметить, что в переписке с Диккенсом Бэбидж затрагивал многие вопросы общественной, экономической и научной жизни. Обсуждая трудные условия труда писателей, Бэбидж в письмах к Диккенсу положительно высказывался о создании литературного общества, объединяющего писателей и издателей. Диккенс в ответ на это в письме от 27 апреля 1843 г. писал Бэбиджу: «Если принимать Ваши мудрые замечания, высказанные в записке, которую Вы мне прислали, как теоретические положения, то я с ними всецело согласен.

На практике же я убежден, что современную издательскую систему невозможно изменить, пока не переменятся сами писатели. Первый шаг, который следовало бы предпринять, — это поднять всем сообща вопрос об авторском праве, усилить существующие законы на этот счет и пытаться добиться лучших» [1 Диккенс Ч. Собр. соч. М.: Изд. худ. лит., 1963, т. 29, с. 176.].

Обычно по субботам Ч. Бэбидж устраивал вечера, которые привлекали очень многих известных деятелей науки, искусства и политической жизни. На эти субботние вечера приходило от 200 до 300 гостей. Бэбидж знал многих людей, заметных в политической, общественной, научной или литературной жизни. Среди его друзей и знакомых были Лаплас, Пуассон, .Фурье, Фуко, Якоби, Гумбольдт, Дарвин, Милль, Диккенс, Теккерей, герцог Веллингтон, Теннеси, Лонгфелло и многие другие.

Бэбидж был хорошо знаком с матерью Лавлейс, леди Ноэль Байрон. Отмечая его неспокойный характер, разностороннюю деятельность, огромное количество самых разнообразных идей, которые, казалось, переполняли его, Ноэль Байрон говорила о

нем: «Я чувствую интуитивно, что его симпатии и его лучшее естество раздирают его на части и нет голоса, который бы сказал: «Спокойнее» [87, с. 23].

Несмотря на свою активную общественную и научную жизнь, Бэбидж никогда не был полностью удовлетворен. Он обладал большим честолюбием, был необычайно горд и по-детски чувствителен. Высказывания Бэбиджа зачастую были полны сарказма, суждения — непримиримы. Одной из черт характера Бэбиджа была чрезмерная прямолинейность, нередко свидетельствующая о недостаточном чувстве юмора[2 Небезынтересно, что в научные планы Бэбиджа входило изучение природы юмора.]. Так, Бэбидж требовал статистической точности даже от поэтов. Однажды он послал письмо А. Теннисону (1809—1892 гг.), автору поэмы «Видение греха». В письме Бэбидж цитирует строку из поэмы: «Каждое мгновение умирает человек, каждое мгновение рождается человек» и продолжает: «Я должен заметить Вам, что в этом расчете принимается во внимание суммарное население мира в состоянии постоянного равновесия. В то же время хорошо известен факт, что вышеупомянутое количество постоянно увеличивается. Поэтому я вынужден посоветовать, чтобы в следующем издании Вашей прекрасной поэмы ошибочный расчет, о котором я говорю, был уточнен следующим образом: «Каждое мгновение умирает человек, а один и одна шестая рождается». Я могу добавить, что точной цифрой будет 1,167, но для законов рифмы возможны приближения» [86, с. 55].

Однажды Бэбидж решил написать роман, чтобы полученный от него доход использовать для работы над машиной. Он рассчитывал, что за год напишет трехтомный роман, который принесет ему 5000 фунтов стерлингов. Поэт С. Роджерс отговорил его от этой затеи. В 1832 и 1834 гг. Бэбидж выставлял свою кандидатуру в парламент от либеральной партии (но не был избран). В связи с этими событиями он написал пьесу (комедию) о предвыборной кампании: «Политика и поэзия, или Упадок науки». Отрывки из этой пьесы Бэбидж опубликовал в конце жизни, включив их в свои «Страницы из жизни философа».

В пьесе Бэбидж сталкивает двух людей разного характера: одного — чрезмерно высокомерного и гордого, другого — философа, умудренного жизненным опытом. В части пьесы, озаглавленной «Улица неприятностей» Бэбидж описывает борьбу, которую он вел в течение многих лет против уличных музыкантов.

Бэбидж утверждал, что у него исчезают идеи, когда начинает играть шарманщик. Он развил энергичную деятельность против

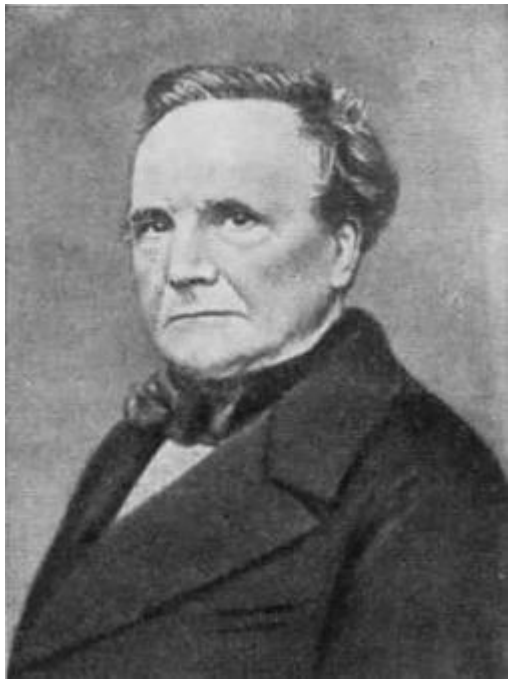
шарманщиков: писал письма в газеты и членам парламента. Однажды даже привел несколько уличных музыкантов к судье городского магистрата. В разговоре судья спросил Бэбиджа, может ли быть нанесен ущерб мозгу человека при слушании шарманки, на что тот ответил: «Конечно, нет, по очевидной причине, что человек, имеющий мозг, никогда не слушает уличных музыкантов». Борьба Бэбиджа с уличными музыкантами нашла отражение даже в некрологе, опубликованном в газете «Таймс», в котором сказано, что Бэбидж дожил почти до 80 лет «назло преследованиям шарманщиков» [85, с. XXX].

Бэбидж любил часами сидеть и гулять в своем саду на Дорсет Стрит, который он засеял крупной многолетней травой. Гуляя по саду, он наблюдал за жизнью сада. Как чудесное превращение описывал Бэбидж появление ярких бабочек из куколок. Он считал, что и человеческая история, о которой он отзывался очень нелестно, с ее «не соответствующими действительности записями безрассудных конфликтов, инспирированных страстями заинтересованных людей», должна быть результатом некоторых великих и необыкновенных законов.

Энергию и живость ума Бэбидж сохранил и в пожилом возрасте. Когда ему было около 70 лет, он некоторое время провел в Хартвеловской обсерватории, поражая окружающих своей живостью и работоспособностью. Всю жизнь он любил работать с различными инструментами.

В пожилом возрасте Бэбидж говорил, что ненавидит жизнь. Но отмечал также, что охотно отказался бы от оставшихся лет жизни, если бы ему дали возможность прожить три дня через 500 лет и предоставили гида, который смог бы объяснить ему открытия, сделанные после его смерти.

Как-то в 1861 г. Бэбиджа посетили друзья. В беседе с ними он сказал, что не может выделить в своей жизни ни одного полностью счастливого дня. Он говорил, что не любит человечество вообще, англичан в частности и английское правительство в особенностей



Ч. Бэбидж в последние годы жизни

Генри Превост Бэбидж (сын Ч. Бэбиджа)

Сын Ч. Бэбиджа, Генри Бэбидж, с 1857 г. был на военной службе в Индии. В марте 1871 г. он вместе с женой вернулся в Англию и находился подле слабеющего отца.

14 октября 1871 г. Ч. Бэбидж почувствовал себя очень плохо. «Долгожданное время приходит. Теперь я собираюсь, как они называют это, в мир иной», — сказал он [86, с. 83]. Умирая, Бэбидж был очень спокоен* воспринимая все происходящее как естественный ход событий. Он скончался около полуночи 18 октября 1871 г. на руках у сына, не дожив до своего 80-летия двух месяцев. Бэбидж похоронен на кладбище Кензел Грин 24 октября. На похоронах было всего несколько близких друзей. Так незаметно ушел из жизни великий человек.

После смерти Бэбиджа Комитет Британской ассоциации в небольшом составе, куда входили такие видные ученые, как Кейли и Клиффорд, рассмотрел вопрос о том, что можно сделать с неоконченной аналитической машиной и для чего она может быть рекомендована. К чести Комитета в своем заключении он отметил, что «возможности аналитической машины простираются так далеко, что их можно сравнить только с пределами человеческих возможностей, кроме того, машина может работать достаточно долго. Успешная реализация машины может означать эпоху в истории вычислений, равноценную введению логарифмов». Не часто случается так, что сообщение остается истинным без изменения единого слова спустя 100 лет. Вследствие же большой стоимости машины Комитет в конце своего заключения написал: «У нас есть причины думать, что стоимость машины может быть выражена по меньшей мере в десятках тысяч фунтов. . . Мы пришли, не без трений, к заключению, что не можем советовать Британской ассоциации сделать какие-либо шаги. . . по производству аналитической машины мистера Бэбиджа» [84, с. 1431].

В настоящее время в Научном музее Лондона хранится модель части аналитической машины, которая была разработана по рисунку Ч. Бэбиджа Генри Бэбиджем и выполнена фирмой Монро в 1906 г. [[1] В 1969 г. по заказу крупнейшей зарубежной фирмы в области вычислительной техники (ИБМ) в Великобритании были изготовлены два макета аналитической машины. Макеты, выполненные по рисункам Бэбиджа, содержат все предусмотренные им блоки машины. Однако макеты не являются действующими (на них нельзя выполнять расчеты). Макеты построены с целью воспроизведения внешнего вида аналитической машины и ее элементов и предназначены для демонстрации на различных выставках, организуемых фирмой ИБМ [107].] Эта модель (рис. 7) включает арифметическое устройство и устройство для печатания результатов десятичных чисел до двадцать девятого разряда.

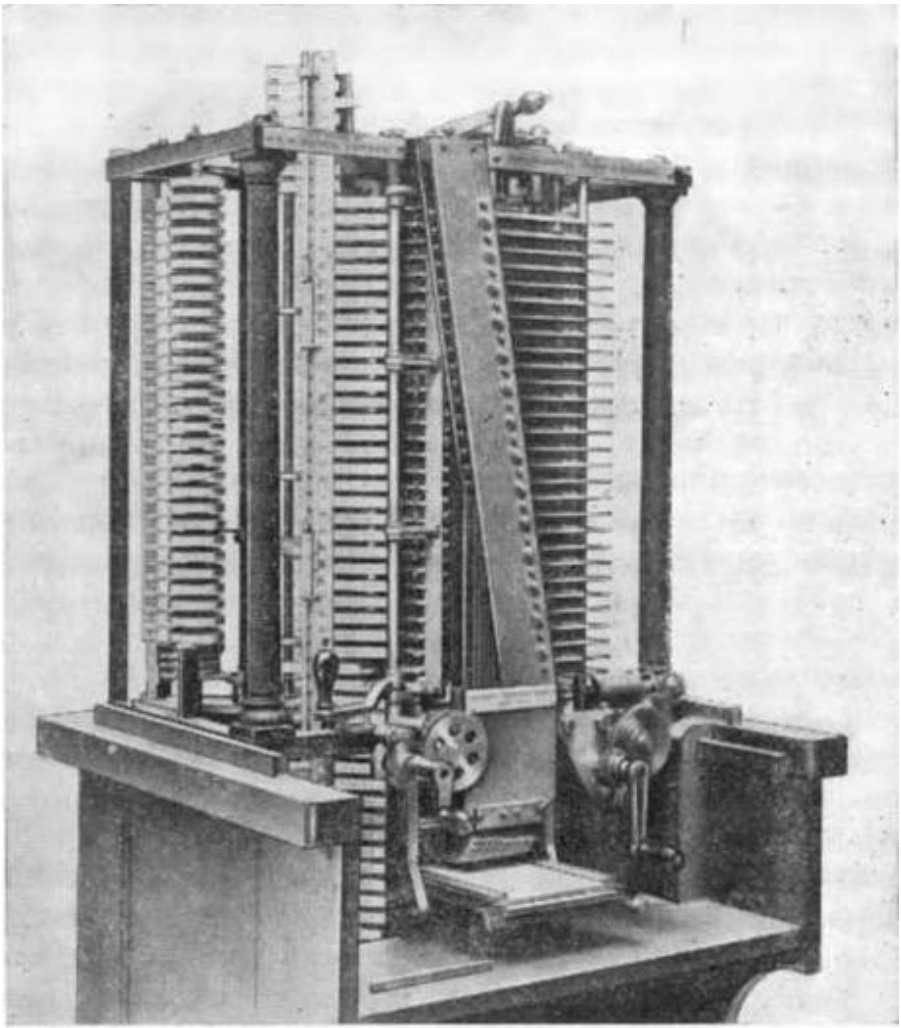


Рис. 7. Часть аналитической машины, разработанная Г. П. Бэбиджем

Генри Бэбидж, который много сделал для сохранения наследия отца, а также для пропаганды его идей, отмечал: «Я полностью уверен в том, что придет время, когда подобная машина [аналитическая] будет построена и станет мощным средством распространения не только математической науки, но и других областей знаний. И я хочу, как бы далеко оно ни было, ускорить приближение этого времени и помочь общей оценке работ моего отца, так мало известного или понятого даже в кругу образованных людей» [85, с. 331].

Подводя итог своей деятельности, Ч. Бэбидж писал о работе над вычислительными машинами: «Вероятно, пройдет половина столетия, прежде чем кто-нибудь возьмется за такую

малообещающую задачу без тех указаний, которые я оставил после себя. И если некто, не предостереженный моим примером, возьмет на себя эту задачу и достигнет цели в реальном конструировании машины, воплощающей в себя всю исполнительную часть математического анализа с помощью простых механических или других средств, я не побоюсь поплатиться своей репутацией в его пользу, так как только он один полностью сможет понять характер моих усилий и ценность их результатов» [85, с. 142]. Продолжая эту несколько пессимистическую мысль, его сын Генри добавляет: «Истории вычислительных машин Бэбиджа достаточно, чтобы охладить пыл дюжины энтузиастов» [85, с. 343].

Выдвинув концепцию универсальной цифровой вычислительной машины с программным управлением, Бэбидж на много лет опередил свое время не только с точки зрения идеи, но и с позиций возможности ее технического осуществления. Это не всегда понимал и сам Бэбидж. Н. Винер, отмечая большое значение работ Бэбиджа, писал, что он «имел удивительно современные представления о вычислительных машинах, однако имевшиеся в его распоряжении технические средства намного отставали от его представлений» [93, с. 154].

Заключение

В истории вычислительной техники роль Ёэбиджа особая. Всю историю вычислительных машин можно разбить на следующие периоды: 1) домеханический; 2) меха* нический; 3) электрический; 4) электронный. Творчество Бэбиджа по времени приходится на механический период развития вычислительных машин. В его машинах все элементы механические, основной способ передачи любых движений — зубчатые передачи, движущей силой является механическое усилие человека и т. п. В этом Бэбидж — типичный представитель механического периода. Но задачи, которые он поставил при работе над вычислительными машинами, далеко перешагнули этот период.

Получается следующая картина: на механической основе Бэбидж пытался создать машину, соответствующую электронному периоду. Это несоответствие и явилось причиной ряда неудач Бэбиджа. Это же несоответствие подчеркивает гениальность Бэбиджа: задолго до возникновения электронных вычислительных машин он разработал принципы построения машин, основные их узлы, установил возможности вычислительных машин и предсказал пути их дальнейшего развития.

При изучении творчества Бэбиджа поражает даже простое перечисление проблем, которые он поставил и пытался разрешить, одни более успешно, другие менее, в аналитической машине: 1) разработка основного состава блоков; 2) планирование большого объема памяти; 3) разделение арифметического и запоминающего устрой- ‘ ства; 4) применение изменяемой программы вычислений;

5) передача управления с помощью условного перехода;

6) работа с адресами и кодами команд; 7) контроль считыванием; 8) наличие библиотеки подпрограмм; 9) применение перфокарт, печатание данных ввода и вывода и некоторые другие.

Только через 100 лет были осуществлены основные идеи Бэбиджа. Мы не ставим своей целью подробно останавливаться на истории развития вычислительных машин последних десятилетий. Но для того, чтобы подчеркнуть значение работ Бэбиджа, кратко остановимся на некоторых моментах этой истории.

В 1937 г. английский математик А. М. Тьюринг обосновал возможность построения машины с программным управлением, предложив самую общую и самую простую, с точки зрения логической структуры, идею вычислительной машины. Введенное

Тьюрингом понятие такой машины получило название «машины Тьюринга». Это понятие явилось, фактически, одним из наиболее естественных и удобных уточнений понятия алгоритма [1 О машине Тьюринга см., напр.: Айзерман М. А., Гусев Л. А., Розоноэр Л. И. Логика, автоматы, алгоритмы. М.: Физматгиз, 1963.].

В 1938 г. Дж. Стибиц построил небольшую вычислительную машину, работающую в двоичной системе счисления, способную оперировать с комплексными числами (Белл-1). Одна из первых попыток использовать электронные элементы в ЦВМ была предпринята в США в 1939—1941 гг, в колледже-штата Айова (ныне университет) Дж. Атанасовым. Машина Атанасова предназначалась для решения систем алгебраических уравнений с 30 неизвестными. Исходные данные вводились на стандартных перфокартах. Для запоминания информации использовались конденсаторы. Промежуточные результаты записывались на перфокарты. К моменту вступления США в войну (7 декабря 1941 г.) были закончены основные блоки машины. В 1942 г. работы были прекращены, но спустя несколько лет машина была доработана.

Вычислительную машину с программным управлением, работающую полностью на механических элементах, сконструировал немецкий ученый К. Цузе (машина Ц-1). Работа над машиной была начата в 1936 г. и продолжалась два года. В следующем варианте (Ц-2), который не был завершен в связи с тем, что гитлеровская Германия развязала вторую мировую войну, Цузе использовал электромагнитные реле. В 1941 г. Цузе закончил работу, которая финансировалась военным министерством, над машиной Ц-3. Эта машина, выполненная полностью на электромагнитных реле, явилась первой универсальной автоматической ЦВМ с программным управлением. Но работы Цузе были неизвестны за пределами Германии, и ученые других стран ознакомились с ними только спустя некоторое время после окончания второй мировой войны.

Более известна вычислительная машина, разработанная в 1944 г. в вычислительной лаборатории Гарвардского университета под руководством Г. Айкена. Эта машина, которая впоследствии получила название МАРК-1, по принципу действия, своим функциям, применяемой десятичной системе счисления и другим показателям напоминала аналитическую машину Бэбиджа. Айкен утверждал, что он познакомился с машиной Бэбиджа только после трехлетних трудов по разработке МАРК-1.

По своей конструкции и использованию электромагнитных реле МАРК-1, естественно, отличалась от аналитической машины,

созданной на чисто механических принципах. Это иногда вызывает недоумение: могут ли быть у МАРК-1 и аналитической машины одни и те же структурные принципы? Тьюринг по этому поводу замечает: «То, что аналитическая машина Бэбиджа была задумана как чисто механический аппарат, помогает нам избавиться от одного предрассудка. Часто придают значение тому обстоятельству, что современные цифровые машины являются электрическими устройствами. . . но поскольку машина Бэбиджа не была электрическим аппаратом и поскольку в известном смысле все цифровые вычислительные машины эквивалентны, становится ясно, что использование электричества в этом случае не может иметь теоретического значения» [101, с. 27].

Мы не будем останавливаться на подробной характеристике МАРК-1. Но отметим, что емкость памяти машины была на порядок меньше величины, запроектированной в свое время Бэбиджем. Кроме того, признак условного перехода в МАРК-1 вел к выбору перфолент с числами, соответствующими различным областям изменения аргумента, или к останову программ при увеличении числа в специальном регистре сверх заданного. Только впоследствии была введена команда условного перехода с выходом на продолжение операций или повторение цикла, как предусматривали Лавлейс и Бэбидж. Конечно, ряд показателей МАРК-1 был лучше, чем у машины Бэбиджа; в первую очередь это относится к скорости выполнения операций, затем к управлению, которое велось по программе, записанной на перфоленте, и др.

После работ Цузе, Айкена, Стибица и других были разработаны и испытаны первые машинные программы. Вначале использовали перфокарты с механическими щупами как у машины Бэбиджа. Впоследствии была введена электромеханическая система считывания, а затем и фотосчитывание.

Электромеханические машины быстро исчерпали свои возможности и перестали удовлетворять требованиям производства из-за ограниченной скорости вычислений и малой надежности. Недостаточная скорость объяснялась большой постоянной времени реле (обычно около 15 мсек), малая надежность — подгоранием контактов многочисленных реле, необходимостью их чистки, то есть техническими особенностями элементной базы машины. Принципиальные ограничения, органически присущие электромеханическим машинам, не могли быть разрешены с помощью новых конструктивных разработок, так как основные элементы при этом оставались теми же. Требовался переход к принципиально иной первичной ячейке машины. Он был подготовлен бурным развитием

радиоэлектроники, которая к 50-м годам стала широко внедряться в различные отрасли техники.

Н. Винер писал: «Со всех точек зрения казалось желательным заменить механическую систему выбора, осуществляемую в старых цифровых машинах, электронной. Можно было ожидать, что в результате такой замены новые машины окажутся. . . более совершенными, чем старые» [94, с. 222].

Началось чрезвычайно широкое использование электронных ламп в различных областях промышленности. Это привело к внедрению электроники и в вычислительную технику. В результате оказалось возможным резко повысить быстродействие машин, так как скорость переключения практически безынерционных ламповых реле (триггеров) в 5000 раз превысила скорость переключения электромагнитных реле. Введение триггеров повысило также надежность схем (электромагнитные реле всего выдерживают около миллиона переключений, в то время как качественные электронные реле делают до 1 млн. переключений в секунду). Кроме того, использование триггеров уменьшило потребность в энергии, устранило механические движущие части в машине и т. п. Следует отметить, что применение ламповой электроники при разработке средств вычислительной техники оказалось возможным в результате изобретений схемы триггера советским ученым М. А. Бонч-Бруевичем в 1918 г. и американскими учеными У. Икклзом и Ф. Джорданом в 1919 г,-

Первая электронная вычислительная машина общего назначения ЭНИАК была разработана Дж. Маучли и Дж. Эккертом в Электротехнической школе Мура при Пенсильванском университете (США). Проект ЭНИАК был представлен в августе 1942 г. и около года лежал без движения. В 1943 г. проектом заинтересовалась Баллистическая исследовательская лаборатория Армии США, и были начаты работы по его осуществлению. В конце 1945 г. работы были завершены. В феврале 1946 г. состоялась первая публичная демонстрация машины, а в 1947 г. она была передана Баллистической лаборатории.

Создание электронной цифровой вычислительной машины ЭНИАК явилось переломным этапом в развитии вычислительной техники. Опыт эксплуатации первых машин привел к пониманию их огромных преимуществ, а способность машин быстро решать трудоемкие задачи позволила в дальнейшем совершить переворот в применении математики к важнейшим проблемам науки и техники.

Таблица 5. Характеристики аналитической машины Бэбиджа и первых универсальных вычислительных машин с программным управлением

Характеристики	Аналитическая машина Бэбиджа (1834-1871 гг.)	Ц-3 (1940—1941 гг.)	МАРК-1 (1937— 1944 гг.)	ЭНИАК (1942— 1945 гг.)
Тип используемых элементов	Механические	Электромеханические	Электронные	
Ёмкость запоминающего устройства, количество чисел	1000	64	72	20
Система счисления	Десятичная	Двоична	Десятичная	Десятичная
Длина числа, количество разрядов	50	22	23	10
Время выполнения операций, сек.:				
сложение	1	0,3	0,3	0,0002
умножение	60	4,5	5,7	0,0028
деление	60	—	15,3	0,006
Ввод управляющей программы	На перфокартах	На перфоленте	На перфоленте	Путем коммутации блоков

Наряду с большими достоинствами ЭНИАК, естественно, были присущи и недостатки: сложность структуры, громоздкость, работа в десятичной системе счисления, сложность наладки машины, малая емкость запоминающего устройства и т. п. Все это уже не удовлетворяло растущим запросам науки и практики в период научно- технической революции. Поэтому в последующие годы вычислительные машины развивались очень быстро.

Мы приводим таблицу некоторых характеристик аналитической машины Бэбиджа, машин Ц-3, МАРК-1 и ЭНИАК. Поскольку дальнейшая история вычислительных машин выходит за пределы задач нашей книги, мы отсылаем читателя к соответствующей историко-научной литературе [91, 95].

Каждое новое открытие в современной науке заставляет по-новому смотреть на достижения прошлых веков. Если в конце прошлого и начале нашего века имя Бэбиджа было почти забыто, а его работы не были оценены и поняты, то с развитием ЭВМ интерес к его работам и личности возрос.

Бэбидж предстает перед нами как гениальный ученый, во многом предвосхитивший развитие вычислительной техники, ставшей важнейшим проявлением современной научно-технической революции.

Даты жизни и деятельности Ч. Бэбиджа

1791, 26 декабря — в семье банкира Б. Бэбиджа родился сын Чарльз.

1811 — поступление в Тринити-колледж в Кембридже.

1812 — основание Аналитического общества (совместно с Дж. Гершелем и Дж. Пикоком).

1812 — начало работы над разностной машиной.

1814 — окончание колледжа в Петерхаузе.

1815 — женитьба на Джорджии Витмур.

1816 — избрание членом Королевского общества.

1817 — получение степени магистра гуманитарных наук.

1820 — основание Астрономического общества, в организации которого Бэбидж сыграл значительную роль.

1822 — создание экспериментальной модели разностной машины для табулирования полиномов с постоянными вторыми разностями.

1823 — начало работы над новой разностной машиной для расчета полиномов с постоянными шестыми разностями.

1823, 13 июня — награждение золотой медалью Астрономического общества за разработку разностной машины.

1826 — публикация статьи «О методе выражения знаками движений машин»

1827 — смерть жены, отца и двух сыновей.

1828 — избрание профессором Люкасовской кафедры Кембриджского университета.

1831 — основание Британской ассоциации за прогресс науки.

1832 — издание книги «Экономика машин и производства».

1833 — постройка части разностной машины.

1834, сентябрь — начало работы над аналитической машиной. 1840 — поездка в Италию (г. Турин) для обсуждения проекта аналитической машины.

1842—1848 — разработка теории аналитической машины.

1842 — публикация статьи Л. Менабреа, излагающей основные идеи Бэбиджа об аналитической машине.

1843 — опубликование статьи Л. Менабреа с примечаниями А. Лавлейс.

1848 — начало разработки полного комплекта чертежей для разностной машины.

1862 — демонстрация модели разностной машины на международной выставке в Лондоне (Южный Кенсингтон).

1864 — издание книги «Страницы из жизни философа».
1871, 18 октября — смерть Ч. Бэбиджа.

Библиография Труды Ч. Бэбиджа

1813

1. The Preface. — In: Memoires of the analytical society. Cambridge. Соавт. : Herschel J.

2. On continued products. — In: Memoires of the analytical society. Cambridge.

1815

3. An essay towards the calculus of functions. — Phil. Trans., vol. 105.

1816

4. An essay towards the calculus of functions, Part. 2. — Phil. Trans., vol. 106, p. 179.

5. Demonstrations of some of Dr. Matthew Stewart's general theorems, to which is added an account of some new properties of the circle. — Roy. Inst. J., vol. 1, p. 6.

5a. Translation of the differential and integral calculus of La Croix. Соавт.: Herschel Peacock J.

1817

6. Observations on the analogy which subsists between the calculus of functions and other branches of analysis. — Phil. Trans, p. 179.

7. Solution of some problems by means of the calculus of functions. — Roy. Inst. J., p. 371.

8. Note respecting elimination. — Roy. Inst. J., p. 355.

9. An account of Euler's method of solving a problem relating to the knight's move at chess. — Roy. Inst. J., p. 72.

1819

10. On some new methods of investigating the sums of several classes of infinite series. — Phil. Trans., p. 245.

11. Demonstration of a theorem relating to prime numbers. — Edinburgh Phil. J., vol. 2, p. 46—49.

1820

12. An examination of some questions connected with games of chance. — Trans. Roy. Soc. Edinburgh, vol. 9, p. 153.

13. Observations on the notation employed in the calculus of functions. — Trans. Cambridge Phil. Soc., vol. 1, p. 63.

14/15. On the application of analysis, etc. to the discovery of local theorems and porisms. — Trans. Roy. Soc. Edinburgh, vol. 9, p. 337.

16. Examples to the differential and integral calculus. L., vol. 1/2. Соавт.: Herschel J., Peacock J.

17. Examples of the solution of functional equations. L.

18. Des Equations Fonctionneles. — Ann. Math., 1821—1822, vol. 12, p. 72-103.

1822

19. Note respecting the application of machinery to the calculation of mathematical tables. — Mem. Astron. Soc., june, vol. 1, p. 309.

20. A letter to Sir H. Davy, P. R. S., on the application of machinery to the purpose of calculating and printing mathematical tables. L., july.

1823

21. On the theoretical principles of the machinery for calculating tables. — Edinburgh Phil. J., vol. 8, p. 122—128.

1824

22. Observations on the application of machinery to the computations of mathematical tables, Dec. 1822. — Mem. Astron. Soc., vol. I, p. 311.

23. On the determination of the general term of a new class of infinite series. — Trans. Cambridge Phil. Soc., vol. 2, p. 218.

24. Observations on the measurement of heights by the barometer. — Edinburgh. J. Sei., p. 85—87.

1825

25. On a new zenith micrometer. — Mem. Astron. Soc. 26. Account of the repetition of M. Arago's experiments on the magnetism manifested by various substances during rotation. — Phil. Trans., p. 467. Соавт.: Herschel J.

1826

27. On the diving bell. — In: Encycl. Metropolitana. L.

28. On electric and magnetic rotation. — Phil. Trans., vol. 2, p. 494.

29. On a method of expressing by signs the action of machinery. — Phil. Trans., vol. 2, p. 250.

30. On the influence of signs in mathematical reasoning. — Trans. Cambridge Phil. Soc., vol. 2, p. 218.

31. A comparative view of the different institutions for the assurance, of Life. L.

32. On notation. — In: Edinburgh Encycl. Edinburgh.

33. On porisms. — In: Edinburgh Encycl. Edinburgh.

34. A table of the logarithms of the natural numbers, from 1 to 108,000. L.

1827

35. Notice respecting some errors common to many tables of logarithms. — Mem. Astron. Soc., vol. 3, p. 65.

1829

36. Essay on the general principles which regulate the application

of machinery. — In: Encycl. Metropolitana. L.

37. Letter to T. P. Courtenay on the proportion of births of the two sexes amongst legitimate and illegitimate children. — Edinburgh J. Sei., vol. 2, p. 85.

38. Account of the great congress of philosophers at Berlin, on 18 Sept. 1828. — Edinhurgh J. Sei., vol. 10, p. 225.

39. Note on the description of mammalia. — Edinburgh J. Sei., vol. I, p. 187.

1830

40. Reflections on the decline of science in England, and on some of its causes. L.

41. On the proportion of letters occurring in various languages, in a letter to M. Quetelet. — Gorresp. Math, et Phys., vol. 6, p. 136.

1831

42. Specimen of logarithmic tables, vol. 1—21.

1832

43. On the economy of manufactures and machinery, 4th Ed. L. (1835).

44. Letter to Sir David Brewster, on the advantage of a collection of the constants of nature and art. — Edinburgh J/ Sei., vol. 6, p. 334.

45. Barometrical observations, made at the fall of staubbach. — Edinburgh J. Sei., vol. 6, p. 224. Соавт.: Herschel /.

1833

46. Observations on peerage for life. L., july.

1834

47. Observations on the temple of Serapis, at Pozzuoli, near Naples, with remarks on certain causes which may produce geological cycles of great extent. — Proc. Geol. Sqc London, vol. 2, p. 72—76.

1835

48. Letter from Mr. Abraham Sharpe to Mr. J. Grosthwait, Hoxton, 2 Feb. 1721, deciphered by Mr. Babbage. — In: Baily F. Life of Flamsteed. L., p. 348, 390.

1837

49. The ninth Bridgewater treatise. L., may.

1838

50. On some impressions in sandstone. — Phil. Mag., Ser. 3, vol. 10, p. 474; Proc. Geol. Soc. London, vol. 2, p. 439.

51. Short account of a method by which engraving on wood may be rendered more useful for the illustration and description of machinery. — 1ц: Report of meeting of British association at Newcastle. L., p. 154.

1839

52. Letter to the members of the British association. L.

1840

53. General plan, N 25, or Mr. Babbage's great calculating or analytical engine. P.

1843

54. Statement of the circumstances respecting Mr. Babbage's calculating engines. L.

55. Note on the boracic acid works in Tuscany. — In: Murray's handbook of central Italy. 1st ed., p. 178.

1846 56. On the principles of tools for turning and planing metals, Holtzapffel turning and mechanical manipulation. L., app. vol. II.

1847

57. On the planet Neptune. — Times, mar. 15.

1848

58. Thoughts on the principles of taxation, with reference to a property tax and its exceptions. L., 1848; 2nd ed., 1851; 3rd ed., 1852.

1851

59. Note respecting the pink projections from the sun's disc observed during the total solar eclipse in 1851. — Proc. Astron. Soc., vol. 12, N 7.

60. Laws of mechanical notation, with lithographic plate. L., july.

61. Note respecting lighthouses (Occulting lights). L., nov.

62. The exposition of 1851; or, views of the industry, the science, and the government of England. L.

1853

63. On the statistics of lighthouses. — In: C. r. des Travaux Congres General. Bruxelles, sept.

1854

64. A short description of Mr. Babbage's ophthalmoscope. — In: Report on the Ophthalmoscope by T. Wharton Jones, F. R. S. — Brit, and Foreign Med. Rev., oct., vol. XIV, p. 551.

65. On secret or cipher writing: Mr. T—'s Cipher deciphered by C. — J. Soc. Arts, july, p. 707.

66. On Mr. T—'s second inscrutable cipher deciphered by C.—J. Soc. Arts, aug., p. 777.

1855

67. On submarine navigation. — Illus. News, june 23.

68. Letter to the editor of the times, on occulting lights for lighthouses and night signals: flashing lights at Sebastopol. — Times, july 16.

69. On a method of laying guns in a battery without exposing the men to the shot of the enemy. — Times, aug. 8.

70. Sur la machine suedoise de M. Scheutz pour calculer les tables mathematiques. — C. r. Acad, sei., oct. 8, p. 557— 560, 1856, apr. 28, p. 798—800.

1856

71. On the action of ocean currents in the formation of the strata of the earth. — Quart. J. Geol. Soc., nov.

72. Observations by Charles Babbage, on the mechanical notation of Scheutz's difference engine, prepared and drawn up by his son, major Henry Prevost Babbage, addressed to the institution of civil engineers. — Minutes Proc., vol. 15.

73. Statistics of the clearing-house. L.

74. Observations addressed to the president and fellows of the royal society on the award of their medals for 1856. L.

1857

75. Table of the relative frequency of occurrence of the causes of breaking plate-glass windows. — Mech. Mag., jan. 24.

1859

76. On remains of human art, mixed with the bones of extinct races of animals. — Proc. Roy. Soc., may 26.

1864

77. Passages from the life of a philosopher. L.

Литература о Бэбидже

Работы зарубежных авторов

78. Lardner D. Babbage's calculating engine. — Edinburgh Rev., 1834, july.

79. Menabrea L. F. Sketch of the analytical engine, invented by Ch. Babbage. With notes upon the memoir by the translator. — Sei. Mem., 1843, vol. 3, p. 666.

80. Babbage H. P. The analytical engine. — Proc. Brit. Assoc., 1888, p. 616-617.

81. Babbage's calculating engines/ Ed. by H. P. Babbage. L.: E. and F. N. Spon, 1889.

82. Buxton L. H. D. Babbage and his difference engines. — Trans. Newcomen Soc., 1934, vol. 14, p. 43—65.

83. Adler R. S. Mr. Babbage's calculating engine. — Mach. Des., 1958, nov. 13, p. 124—129.

84. Turner H. D. Charles Babbage: father of the computer. — New Sei., 1958, dec. 4, p. 1428—1431.

85. Charles Babbage and his calculating engines/ Ed. by P. Morrison, E. Morrison. N. Y.: Dover Publ., 1961.

86. Rosenberg J. M. The computer prophets. L.: Macmillan, 1969.

87. Moseley M. Irascible genuis. A life of Charles Babbage, inventor. Chicago: Regnery, 1970.

Работы советских авторов

88. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Чарльз Бэббедж. М.: Знание, 1973.

89. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л.,Математические работы Чарльза Бэббеджа. — В кн.: Кибернетика и логика. М.: Наука, 1978, с. 102—136.

90. Майстров Л. Е., Эдлин И. С. Разностная машина Ч. Бэбиджа.— В кн.: История и методология естественных наук. М.: Изд. МГУ, 1978, вып. 20, с. 99—105.

Прочая использованная литература

91. Апокин И. А., Майстров Л. Е. Развитие вычислительных машин. М.: Наука, 1974.

92. Буняковский В. Я. Лексикон чистой и прикладной математики. СПб., 1839, т. 1, с. 90-91.

93. Винер Н. Кибернетика и общество. М.: изд-во Иностр. лит., 1958.

94. Винер Н. Я — математик. М.: Наука, 1964.

95. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. От абака до компьютера. М.: Знание, 1975.

96. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. К истории разностных машин. — В кн.: Кибернетика и логика. М.: Наука, 1978, с. 45—56.

97. Гутер Р. С., Полунов Ю. Л. Августа Ада Лавлейс и возникновение программирования. — В кн.: Кибернетика и логика. М.: Наука, 1978, с. 57—101.

98. Кобринский #., Пекелис В. Быстрее мысли. М.: Молодая гвардия, 1964.

99. Майстров Л. Е., Ченакал В. Л. Счетная машина Евны Якобсона из Несвижа. — Вопр. истории естествознания и техники. М., 1969, вып. 1 (26).

100. Основы метрической десятичной системы. М.; Л., 1926.

101. Тьюринг А, Может ли машина мыслить? М.: Физматгиз, 1960.

102. Уайт Т. К. Электронные вычислительные машины. — Америка, 1972, № 193.

103. Address to the astronomical society by Henry Thomas Colebroke, Esq, FRS, President. — Mem. Astron. Soc., 1822.

104. Bowden B. V. Brief history of computation. — In: Faster than thought. L., 1953.

105. Dubbey J. M. Development of modern mathematics. L., 1970.

106. Morgan S. E. de. Memoires of Augusta de Morgan. L., 1882.

107. IBM sponsor building of two Babbage engines. — Electron. Equip. News, 1969, N 9, p. 42.

108. Белый Ю. А. Иоганн Кеплер (1571—1630). М.: Наука, 1971.

109. Halasy D. Charles Babbage. Father of the computer. N. Y.: Macmillan, 1970.

Именной указатель[1]

[1] *Составитель Апокин И. А.*

Айзерман М. А. 114
Айкен Г. 115
Апокин И. А. 123
Атанасов Дж. 114
Араго Д. Ф. (Arago) 21, 121
Байрон (Милбэнк) А. 64, 65, 107
Байрон Дж. 64, 65
Барроу И. 25
Белый Ю. А. 124
Бернулли 98
Бине Ж. 11
Бонч-Бруевич М. А. 116
Боуден Б. (Bowden B. V.) 101
Бриджуот (Bridgewater) 101, 122
Брунел 104
Брюстер Д. (Brewster) 35
Буняковский В. Я. 61
Буркхардт А. 12
Бэбидж Б. 15, 119
Бэбидж Г. П. (Babbage H. P.) 60, 81, 84, 91, 93,109—112,122
Бэбидж (Витмур) Дж. 19, 38, 119
Бэбидж Ч. (Babbage Ch.) 5—7, 14—25, 29—75, 77—79, 81—87, 92—94, 99—115, 117—120, 122—124
Бэкон Ф. 106
Вагнер Р. 12
Вадхауз 15
Веллингтон 107
Виберг М. 45
Винер Н. 112, 116, 124
Витворт Дж. 3.9
Вокансон Ж. 77
Волластон У. Х. 20, 24, 35
Гаман К. 45
Гамильтон В. Р. 19
Ган М. 12
Генри Дж. 61
Герострат 73
Гершель Д. (Herschel J.) 6, 16, 17, 19, 21, 22, 119—121
Гинденбург 99
Гомбарт М. 48

Гоулбури 42
Грант Дж. 45
Гревет В. 43
Грегори Д. Ф. 19
Грей Ч. 42
Грийе Г. И
Гумбольдт 107
Гусев Л. А. 114
Гутер Р. С. 123, 124
Дабей Дж. М. (Dubbey J. M.) 18, 124
Дарвин 107
Декарт Р. 11
Дерби 73
Джордан Ф. 116
Дизраэли Б. 73
Диккенс Ч. 106, 107
Дитон 15
Донкин Б. 44
Дэви Г. (Davy H.) 24, 25, 35, 61, 120
Жаккар Ж. М. 63, 75-77, 96
Икклз У. 116
Карл Альберт 63
Кейли 110
Кеплер И. 9, 124
Клемент 41, 42
Клиффорд 110
Кнутцен М. 12
Кобринский Н. 124
Комри Л. 45
Коулбрук Г. (Colebroke H.) 36
Куммер 14
Лавлейс (Байрон) А. А. 6, 62, 64-72, 78, 94—100, 115, 119, 124
Лавлейс (Кинг) В. 66, 67, 71
Лагранж 15, 26
Лакруа С. Ф. (La Croix) 17, 120
Лаплас 26, 107
Ларнер Д. (Lamer D.) 65, 123
Лейбниц Г. 11—13, 17, 81
Леонардо да Видчи 9
Лонгфелло 107
Люкас Г. 25
Магницкий Л. 8
Майстров Л. Е. 123, 124
Мак Калак 63

Маркс К. 6, 55-59
Маучли Дж. 117
Менабреа Л. Ф. (Menabrea L. F.) 62—64, 68—70, 72, 93, 94, 97, 119, 123
Милль 107
Монж 26
Морган де А. (Morgan de A.) 65, 124
Морган де С. (Morgan de G.) 65, 124
Морланд Л. 11
Моссоти 63
Мюллер И. 12, 29
Непер Д. 9
Ньютон И. 16, 17, 25
Олтроп 41
Паскаль Б. 10—12
Пекелис В. 124
Перейра Р. И
Перро К. И
Петр I 48
Пикок Д. (Peacock J.) 6, 16—19, 21, 119, 120
Пиль Р. 42
Пирсон У. 22
Плана М. 62, 64
Плантамор 63
Полунов Ю. Л. 6, 123, 124
Прони Г. 25—27, 29, 47, 53
Пуассон 107
Радзивилл М. 12
Роджерс С. 108
Розоноэр Л. И. 114
Росс У. 72, 73
Рот 14
Свободский Ф. М. 14
Слонимский 14
Смит А. 27
Соммервил М. 65
Стассарт 61
Стибиц Дж. 114, 115
Струве В. Я. 21
Тейлор Дж. 49
Теккерей 107
Теннеси 107
Теннисон А. 107
Тип Е. 15

Томас К. 5, 13, 14
Трост 40
Тьюринг А. 99, 114, 115, 124
Уайт Т. К. 61, 124
Уорд 15
Фалькон М. 77
Фуко 107
Фурье 107
Хьюм 101
Цузе К. 114, 115
Чеканал В. Л. 124
Чилдрен 24
Шейц Г. (Scheutz) 44, 45, 122
Шейц Э. 44, 45
Шенгели Г. 6S
Шикард В. 9, 10
Эдлин И. С. 123
Эйлер (Euler) 40, 41, 120
Эккерт Дж. 117
Энгельс Ф. 56—58
Эскот 40
Юр Э. 57, 58
Якоби 107
Якобсон Е. 12
Adler R. S. 123
Baily F. 122
Buxton C. 123
Courtenay T. P. 121
Grosthwait J. 122
Halasy D. 124
Jones T. W. 122
Morrison E. 123
Morrison P. 123
Murray 122
Quetelet 121
Rosenberg J. M. 123
Sharpe A. 122
Stewart M. 120
Turner H. D. 123

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

П. Я. Кочина

СОФЬЯ ВАСИЛЬЕВНА КОВАЛЕВСКАЯ

(1850—1891)

20 л. 1 р. 30 к.

Книга посвящена жизни и деятельности выдающегося русского математика, члена-корреспондента Петербургской академии наук Софьи Васильевны Ковалевской. Написанная академиком П. Я. Кочиной, она содержит много новых сведений, неизвестных ранее документов и является наиболее полной научной биографией С. В. Ковалевской.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся развитием мировой науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазина «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова, 91/97
370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13
734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95
252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4
443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2
197110 **Ленинград**, П-110, Петрозаводская ул., 7а
117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12
630090 **Новосибирск**, 90, Морской проспект, 22
620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137
700029 **Ташкент**, Л-29, ул. К. Маркса, 28
450059 **Уфа**, ул. Р. Зорге, 10
720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42
310003 **Харьков**, Уфимский пер., 4/6.

Цена 45 коп.